Die Marmorlagerstätten Kärntens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

K. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

eingereicht

von

Paul Egenter

in München

am 23. Juli 1909.

BERLIN 1909.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)

Linienstraße 158.

Die Marmorlagerstätten Kärntens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

K. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

eingereicht

von

Paul Egenter

in München

ACAD. LUDOVIC. BIBL.

am 23. Juli 1909.

BERLIN 1909.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)

Linienstraße 158.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547407_0028

Die Marmorlagerstätten Kärntens.

Von

Paul Egenter in München.

Man bezeichnet in der Technik mit dem Namen Marmor alle Kalksteine und Dolomite, welche politurfähig sind und daher als Dekorationssteine Verwendung finden. Der petrographische Begriff ist enger umgrenzt: In der Wissenschaft nennt man Marmor ausschließlich die deutlich krystallinischen Gesteine dieser Art, welche meist weiß bis graulich, selten auch blaugrau bis schwarz, oder rötlich, gelblich, bläulich etc. gefärbt sind. Sie stehen schon äußerlich durch diese meist sehr wenig auffällig hervortretenden Farbentöne im Gegensatz zu den dichten Ausbildungsformen derselben Carbonatgesteine, die, meist durch kräftige Färbung wirkend, gegenüber dem Marmor im engeren Sinne wohl auch als „Farbmarmor" abgetrennt werden. Hier soll von den Marmorvorkommnissen Kärntens nur insoweit die Rede sein, als sie unter den Begriff der krystallinischen Marmore fallen.

Über die Entstehung dieser Marmorlager bestehen unter den Geologen noch mannigfache Kontroversen. Die einen erblicken in ihnen „Urkalke", also der sogenannten archäischen Formation angehörende Gebilde, die anderen halten sie für umgewandelte Sedimente der verschiedensten Formationsgruppen. Unter den Vertretern der letzteren Anschauung herrscht aber wieder Meinungsverschiedenheit darüber. auf welche physikalische bzw. chemische Vorgänge die Umkrystallisierung des Marmors zurückzuführen sei. Während die Vertreter des Regional- bzw. Dynamometamorphismus als die Umwandlung bewirkende Kräfte vor allem den Gebirgsdruck ansehen, führen die Anhänger der Kontaktmetamorphose die Umkrystallisierung zurück auf das Empordringen glutflüssiger Massen.

Gerade bei dem augenblicklichen Stand der petrographischen Wissenschaft treten diese beiden Gesichtspunkte in scharfen Gegensatz, und es schien interessant, in dem an Marmorvorkommnissen dieser Art besonders reichen Lande Kärnten die Erscheinungsformen derselben genauer zu studieren. Es gibt wohl keine Gruppe von Gesteinen, welche so sehr geeignet ist, die genetischen Beziehungen deutlicher vor Augen zu stellen als die krystallinischen Carbonatgesteine mit ihrer so außerordentlich mannigfaltigen Beschaffenheit. Und wenn auch in den letzten Jahren eine Anzahl von eingehenden Untersuchungen sich mit der hier in Betracht kommenden Frage beschäftigt haben, so dürfte der Beitrag zur Lösung dieser Frage, welcher im folgenden gegeben wird, doch nicht so ganz nutzlos erscheinen,

da es sich hier um eine Gruppe von Vorkommnissen handelt, die in ihrer Bedeutung für die Klärung der Frage nach der Entstehung der krystallinischen Schiefer bisher überhaupt noch nicht gewürdigt wurden.

I. Allgemeine Beschaffenheit und Verbreitung.

Unter den Marmorvorkommen der Alpen können zwei Typen unterschieden werden. Die einen, durch die Lagerstätte am Monzoni charakterisiert, weisen alle Anzeichen normaler Kontaktmetamorphose auf, die anderen, deren Typus die zentralalpinen Marmore darstellen, zeigen Erscheinungen, welche auf eine Umkrystallisierung unter anomalen Verhältnissen hinweisen.

Über die metamorphen Kalke des Monzoni mit ihren zahlreichen Kontaktmineralien dürften die Ansichten kaum mehr auseinandergehen; diese Gruppe mag also hier von vornherein ausgeschaltet bleiben. Es soll nur das Augenmerk auf den zentralalpinen Typus gerichtet werden, der in der Hauptsache wenigstens durch den Mangel derartiger, allgemein als Ergebnisse kontaktmetamorpher Umwandlung anerkannter Mineralien sich charakterisiert. In diese Gruppe gehören die für die technische Verarbeitung als Marmor wichtigsten Vorkommnisse von krystallinischen Kalken überhaupt; es mag nur an die großartige Lagerstätte von Carara, an jene der Westschweiz und Tirols erinnert werden, welche zusammen den weitaus größten Teil der Weltproduktion an krystallinischem Marmor liefern.

Verfolgt man den Zentralkamm der Alpen nach Osten, so steigert sich die Zahl der den „krystallinischen Schiefern“ eingelagerten Marmorvorkommnisse mehr und mehr, und in Kärnten sind es ungemein zahlreiche und mannigfaltige Bildungen, welche, durch ausgedehnten Steinbruchbetrieb aufgeschlossen, ein reiches Material für diese Studien boten. Weitaus die meisten Marmore Kärntens dienen allerdings nur in sehr geringem Maße zu Dekorationszwecken. Es sind verhältnismäßig vereinzelte Vorkommnisse, welche zu Grabmonumenten für den lokalen Bedarf verarbeitet werden. So die im Grastal bei Villach oder jene am Wörther See. Eine Verwendung im Auslande findet nur ein Vorkommen, dasjenige vom Fraßtal bei St. Gertraud im Lavanttal, das als vorzügliches Substitut der ziemlich erschöpften Lager von „graublauem“ Marmor der Lindenwiese bei Großkunzendorf in Schlesien unter dem Namen „blauer schlesischer Marmor“ im Handel ist.

Die Ursache, warum die Vorkommnisse Kärntens nur verhältnismäßig wenig für Dekorationszwecke ausbeutbar sind, liegt in der geringen Gleichmäßigkeit der Beschaffenheit, namentlich der Farbe, welche die meisten dieser Vorkommnisse zeigen. Die Politurfähigkeit scheint dagegen überall — wie überhaupt in alpinen Marmorlagerstätten — eine recht bedeutende zu sein. Die Gewinnung des Marmors ist trotzdem eine ziemlich intensive, und zwar dient das Material teils für chemische Fabriken, teils zum Kalkbrennen, ferner zur Herstellung von Hausteinen, Straßenschotter etc.

Was den geologischen Charakter des in Frage kommenden Gebietes betrifft, so tritt uns zunächst die Erscheinung entgegen, daß sich gegen Osten das Gebiet der krystallinischen Zentralzone der Alpen verbreitert, wobei gleichzeitig die schiefrige Beschaffenheit der Gesteine in ausgedehnterem Maße zum Ausdruck kommt und die Intrusivmassen, welche in der Schweiz und auch noch im Zillertal und den Hohen Tauern einen wichtigen Anteil am Aufbau des Gebirges nehmen, mehr in den Hintergrund treten. Allenthalben aber erscheinen auch in den steirischen und Kärntner Alpen die verschiedenen Ausbildungsformen des Zentralgranits mit seinen injizierten Schiefern und seinen gangförmigen Abzweigungen, so daß hierin eine volle Analogie mit den übrigen Teilen der Zentralzone vorhanden ist.

Das für uns in Betracht kommende Gebiet umfaßt das nördliche Kärnten von der Drau bis zur Grenze gegen die Steiermark, in welchem, abgesehen von ganz jungen Sedimenten, mehr oder weniger krystallinische Schiefergesteine das Gebirge zusammensetzen.

Die Lagerungsverhältnisse der uns speziell interessierenden Marmoreinlagerungen sind dieselben wie in anderen Teilen der Alpen. In den begleitenden Schiefern aber ist ein gewisser Unterschied gegeben. Hier sind es vor allem injizierte Schiefer, Glimmerschiefer und Phyllite, während die sonst gerade in der Nachbarschaft der Marmorlager auftretenden Hornblendegesteine und Grünschiefer fast gänzlich fehlen. Die wechselnde Beschaffenheit der Gesteine, welche die Marmorlager umschließen, beruht hier mehr auf Unterschieden in dem Grade ihrer krystallinischen Entwicklung als auf Verschiedenheiten ihrer ursprünglichen chemischen Zusammensetzung. Man darf annehmen, daß alle diese Bildungen aus einem System wechselnder Kalksteine und Mergel hervorgingen, von welchen die ersteren, in untergeordnetem Maße ent-

wickelt, zur Entstehung der Marmorlager Anlaß gaben.

Im allgemeinen haben die Marmoreinlagerungen kein langes Aushalten im Streichen, und wenn auch in ein und demselben Niveau an verhältnismäßig weit entfernten Stellen Marmoreinlagerungen angetroffen werden, so handelt es sich weniger um zusammenhängende Bänder, als um einzelne aufgestaute Partien, welche rasch zwischen den Schiefern auskeilen. So sind denn auch die Erscheinungen der Schichtung in diesen ursprünglichen Sedimenten meist außerordentlich stark gestört und die Gesteine in der mannigfaltigsten Weise ineinander geknetet. Ebenso wie im kleinen ist auch im großen Fallen und Streichen dem mannigfaltigsten Wechsel unterworfen, von fast horizontaler Lagerung bis zu seigerem Einfallen oft auf kurze Entfernungen wechselnd.

In der Reihenfolge von Westen nach Osten wurden folgende Vorkommnisse untersucht:

Seeboden am Millstätter See, sodann die Drau entlang einige Vorkommnisse bei Paternion-Feistritz und bei Gummern unweit von Villach. Das hier anstehende ausgedehnte Vorkommnis wurde dann durch das Grastal über Treffen zum Ossiacher See weiter verfolgt und die Marmorlager in dessen Umgebung (Annenheim, Sattendorf, Steinsdorf, Tiffen bei Feldkirchen) genauer untersucht. An diese dem Glimmerschiefer eingelagerten ziemlich grobkörnigen Marmore schließen sich am Wörther See feinkörnigere Massen in den Quarzphylliten zwischen Töschling und Pörtschach an.

Sehr interessant erwiesen sich ferner die nördlich bei St. Veit a. d. Glan und bei Hüttenberg anstehenden Marmore, von welch letzterem Orte eine Reihe von Kalkzügen über Lölling und Stelzing zum Klippitz Thörl und von dort hinab ins Lavanttal ziehen. Hier erwies sich namentlich das Gebiet zwischen Twimberg und Wolfsberg als besonders ergiebig, und das wichtigste Marmorvorkommen Kärntens überhaupt, dasjenige im Fraßtal bei St. Gertraud, gehört einem dieser Streichen an.

II. Petrographische Beschaffenheit des Marmors und seiner Nebengesteine.

Die Nebengesteine des Marmors zeigen zum Teil phyllitischen Charakter, so hauptsächlich in den südlichen Vorkommen, z. B. bei Töschling am Wörther See, teils sind es ausgesprochene Glimmerschiefer mit mannigfachen akzessorischen Mineralien und schöne Typen injizierter Schiefer, in welchen namentlich lokal die großartige Entwicklung des Turmalins auffällt. Die verhältnismäßig feinkörnige Ausbildung der Marmore in der Phyllitregion macht einer mehr und mehr grobkörnigen Platz, je krystallinischer die Silikatgesteine entwickelt sind, und die in grobkörnigen Glimmerschiefer liegenden Vorkommnisse im Grastal und bei Hüttenberg gehören zu den sehr großkörnigen Kalken. Dort werden dann auch die aplitisch-pegmatitischen Injektionen der Schiefer innerhalb der Marmormassen zu grobkörnigen Gängen[1]), die, wenn auch häufig stark zersetzt, in ihrer Struktur und Mineralführung den Charakter echter Granitpegmatite verraten. Es ist allerdings weniger die eigentlich pegmatitische Struktur des Schriftgranits, welche hier hervortritt, als vielmehr die ganz richtungslose, großkörnige Ausbildung der einzelnen Mineralien, von welchen neben Quarz und Orthoklas vor allem Turmalin, Muscovit und Granat zu erwähnen sind. Im allgemeinen kann man bei allen grobkörnigeren Vorkommnissen von Marmor in dem Gebiete wenigstens bei genauerer Durchforschung einzelne solcher Pegmatitadern feststellen. Ganz besonders reichlich sind sie in den Kalken von Hüttenberg vorhanden, welche manchmal direkt gebändert erscheinen.

Während in den zuletzt erwähnten Vorkommnissen der an sich grobkörnige Marmor am Kontakt mit diesen Pegmatiten sich überhaupt nicht verändert hat, sehen wir in anderen Vorkommnissen außerordentlich merkwürdige und bezeichnende Umwandlungserscheinungen in demselben hervortreten; allerdings nicht in der Art, wie sie Hammer[2]) für die Südtiroler Marmorlagerstätten verlangt; — eine Durchsetzung mit Silikaten, welche zur Bildung eigentlicher Kalksilikatfelse führt, ist dem von mir untersuchten Gebiete ziemlich fremd und höchstens in einigen Andeutungen vorhanden. Dagegen erscheinen hier höchst eigenartige Veränderungen im äußeren Habitus der Gesteine, welche bisher noch nicht beschrieben worden sind. Die beiden hauptsächlichsten Vorkommnisse, an welchen solche Erscheinungen beobachtet wurden, sind der große Marmorbruch der Kalkwerke Gummern und das Vorkommen in Fraßtal. Über

[1]) Vgl. die Abbildungen Fig. 1—9, Seite 224, in „B. Baumgärtel: Der Erzberg bei Hüttenberg in Kärnten", Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1902, LII. Heft 2.

[2]) W. Hammer: Geol. Beschreibung der Laaser Gruppe, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1906, Bd. LVI, 3. u. 4. Heft.

diese Erscheinungen wird unten eingehender gesprochen werden.

Die gangförmigen Bildungen, welche den Marmor durchsetzen, sind nicht ausschließlich Aplite und Pegmatite, sondern es finden sich auch Granitgänge sowie solche von dioritartigem Charakter und eigentliche Lamprophyre, welche makroskopisch das Aussehen von Granatglimmerschiefer besitzen. Von diesen unterscheiden sich wieder mannigfache Einlagerungen echt schichtiger Natur, die als Glimmerschiefer oder Phyllite erscheinen und die auch in dem mikroskopisch festgestellten Mineralbestand die Zusammensetzung ehemaliger Sedimente zeigen. Diese sind bald scharf abgegrenzt gegenüber dem Marmor, bald auch durch alle möglichen Übergänge mit diesem verbunden, Gesteine, die makroskopisch gneisartiges Aussehen aufweisen und am einfachsten als Kalkgneise bezeichnet werden.

Die in Obigem als Marmoreinlagerung bezeichneten Gesteine bestehen nun durchaus nicht ausschließlich aus kohlensaurem Kalk, sondern es sind neben mannigfachen Mischungen von Kalk und Dolomit in weiter Verbreitung auch echte Dolomite vorhanden. Die beiden Gesteinsarten unterscheiden sich zum Teil durch ihre äußere Beschaffenheit voneinander, der Kalk durch grobkörnigere, der Dolomit wie gewöhnlich durch feinkörnigere Ausbildung, oder aber man sieht im verwitternden Gestein die Dolomitbänder infolge ihres Eisengehaltes rostig hervortreten. In beiden Fällen kann man bei aufmerksamer Betrachtung eine lagenweise Abwechslung der beiden Gesteine meist deutlich beobachten. Die intensive mechanische Deformation, welche die scheinbar so einheitlichen Kalkmassen betroffen hat, kommt dabei in der innigen Verknetung von Kalk- und Dolomitlagen zu klarem Ausdruck. In einigen Fällen, wie z. B. in den Vorkommnissen des Grastales, ist dagegen schon eine sehr intensive Untersuchung mit Salzsäure notwendig, um Dolomit und Kalk auseinander zu halten, deren gegenseitiges Verhältnis im anstehenden Gestein kaum deutlich hervortritt. Varietäten, welche mit Salzsäure lebhaft aufbrausen, und solche, welche hierbei kaum eine Spur einer Einwirkung zeigen, sind hier makroskopisch kaum zu unterscheiden.

Manche der Kalksteine sind durchaus massig entwickelt, bei anderen sieht man eine mehr plattige Beschaffenheit, meistens hervorgebracht durch glimmerreiche Lagen, in welchen gewöhnlich Phlogopit in lichtbräunlichen Individuen deutlich hervortritt. Besonders entwickelt sind derartige Gesteine in einem Kalkbruch zwischen Twimberg und Waldenstein, wo dieselben direkt schichtige Beschaffenheit anehmen. Einlagerungen der silikatischen Schiefer, von eigentlichen Phylliten und Glimmerschiefern, trifft man meist nur in den äußersten Randzonen der Marmorpartien. Sie sind dann gewöhnlich vollständig übereinstimmend mit dem liegenden bzw. hangenden Gestein und durch Übergänge mit dem körnigen Kalk selbst verbunden. Merkwürdig ist die Erscheinung, daß bei Töschling das direkte Nebengestein des letzteren wie auch der Marmor selbst sich mit deutlich erkennbaren Krystallen von Arsenkies in der gewöhnlichsten Kombination belädt, ohne daß gleichzeitig irgendwelche Anzeichen sonstiger Erzlagerstätten vorhanden wären. Grünsteine von gangartiger Ausbildung, wie sie in sonstigen Marmorgebieten so weit verbreitet sind, wurden nicht beobachtet. Man darf daraus schließen, daß ältere Eruptivgesteine von basischem Charakter in diesen Kalken nicht vorhanden waren.

Akzessorische Mineralien, welche schon makroskopisch hervortreten, sind im allgemeinen selten. Im Kalke selbst beobachtet man so fast nur den Phlogopit und manchmal kleine Krystalle von Graphit, ganz ausnahmsweise im Grastal auch etwas Turmalin, der sich durch seine Orangefarbe von dem stets schwarzen Turmalin der Pegmatitgänge lebhaft unterscheidet.

Erwähnenswert sind einige Erzvorkommnisse, teils gangförmige Bildungen, teils lagerartige Massen. Zu ersteren gehören ganz untergeordnete Zinkblende-Bleiglanzgänge, wie sie z. B. bei Treffen auftreten, und wahrscheinlich auch die Spuren von Realgar in der Nähe von Stelzing. Mehr lagerartig finden sich in den körnigen Kalken auch eisenreichere Carbonate, Ankerit resp. Eisenspat in öfters recht gewaltigen Massen, z. B. bei Hüttenberg, oder analoge Einlagerungen von Magnesit von körniger Beschaffenheit, z. B. in der Gegend von Paternion-Feistritz. Hierher gehören auch die wenig mächtigen, derben Einlagerungen von Magneteisen am Kulmberg bei St. Veith. Starke Imprägnation mit Eisenglanz ist in untergeordneten Schichten zu verfolgen, so namentlich in der Nähe der von Canaval[3]) beschriebenen Eisenglanzvorkommen von Waldenstein. Für alle diese gang- und lagerförmigen Massen wird man mit mehr oder weniger großer Sicherheit sekundäre Zuführung der anomalen Bestandteile annehmen dürfen, die wohl am

[3]) Carinthia II, Nr. 3, 1903.

besten mit thermalen Prozessen in Verbindung gebracht wird. Ganz eigenartig sind ferner derbe, makroskopisch quarzähnlich aussehende Gesteine, welche in den Brüchen zwischen Twimberg und Waldenstein gesammelt wurden, und die sich mikroskopisch als körnige Aggregate von Apatit erwiesen.

Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop vermehrt sich die Anzahl der dem Kalke beigemengten Mineralien bedeutend und der Grad der Reinheit der verschiedenen Kalke ist außerordentlich wechselnd. Wenn wir die mikroskopische Struktur und Beschaffenheit im großen und ganzen überblicken, so sehen wir neben Marmoren von großer Reinheit häufiger solche, in welchen ein hohes Maß akzessorischer Bestandteile auftritt. Der Kalkspat selbst zeigt seine normalen Eigenschaften. Die Art der gegenseitigen Verwachsung der einzelnen Körner ist wechselnd, neben Gesteinen mit vollständig verzahnter Struktur finden sich solche mit normaler Pflasterstruktur. Erscheinungen von Kataklase sind verhältnismäßig selten, finden sich aber hin und wieder in ausgezeichneter Ausbildung. Die grauen Marmore, welche fast durchweg ausgesprochene Stinkkalke sind, und unter welchen namentlich der „blaue schlesische" Marmor im Fraßtal durch besonders intensiven skatolähnlichen Geruch auffällt, zeigen im Dünnschliff im allgemeinen eine starke Trübung der Kalkspatkörner. Versuche, bei stärkster Vergrößerung die Ursache dieser Trübung zu erkennen, lieferten wenig gute Resultate. Es sind feinste Einschlüsse, die bald mehr wie Flüssigkeitseinschlüsse, häufiger aber wie Gasblasen aussehen und massenhaft eingestreut sind. Sehr merkwürdig ist, daß man in den etwas dolomitischen Abarten dieser Gesteine eine scharfe Abtrennung von Dolomit- und Kalkspatkörnern beobachten kann, letztere stets mit der ebenbezeichneten charakteristischen Bestäubung, erstere durch ihre vollständig klare Beschaffenheit hervortretend. Daß diese Unterscheidung richtig ist, wurde mehrfach auf mikrochemischem Wege festgestellt. Weniger durchgreifend ist der Unterschied, der auf einer geringeren oder stärkeren Zwillingslamellierung beruht.

Unter den akzessorischen Mineralien ist nächst dem Phlogopit der Quarz am weitesten verbreitet in gerundeten Krystallen und Körnern sowie Körneraggregaten, hin und wieder etwas kataklastisch. Häufig tritt neben ihm ein wenig zwillingslamellierter saurer Plagioklas hervor. Des weiteren sind ungemein verbreitet verschiedene eisenarme Glieder der Epidotgruppe, und zwar sowohl Zoisit α als Zoisit β, Klinozoisit und Epidot. Das ziemlich verbreitete Vorkommen farbloser oder schwachgefärbter Körner, welche wahrscheinlich zum Orthit gehören, ist gleichfalls zu erwähnen. Hornblende, in strahlstein- oder tremolitähnlicher Ausbildung oder auch als gemeine grüne Hornblende entwickelt, ist weit verbreitet. Augit findet sich nur lokal, und zwar meist zusammen mit Granat in Putzen, welche ziemlich untergeordnete Bildungen sind und etwa an die Eisknöpfe von Auerbach an der Bergstraße erinnern. Wie in den übrigen Vorkommnissen alpiner Marmore ist auch hier der Granat ein auffallend seltener Bestandteil des Carbonatgesteins selbst und fast ausschließlich beschränkt auf die Übergänge in die an sich granatführenden Glimmerschiefer. Ebenso fehlen auch alle die zahlreichen sonstigen Kontaktmineralien der körnigen Kalke wie Forsterit, Chondrodit, Wollastonit und dergleichen vollständig. Hervorzuheben ist die weite Verbreitung von Titansäuremineralien, von denen namentlich der Titanit lokal stark hervortritt, besonders in der Kontaktzone gegen die den Kalk durchsetzenden Eruptivgänge und Schieferlager. Seltener und in geringerer Menge vorhanden ist der Rutil, der in den Schiefereinlagerungen sich zahlreicher findet. Auch der Anatas ist nicht allzuselten, und besonders erwähnenswert sind regelmäßig umgrenzte Zusammenhäufungen von Anataskryställchen, welche wohl Pseudomorphosen nach Titanit darstellen. Schließlich wären noch sulfidische Erze zu erwähnen wie Magnetkies und Schwefelkies, ferner zahlreiche Vorkommnisse von Apatit und vereinzelte von Turmalin und Chlorit.

III. Beschreibung der einzelnen Vorkommen.

1. Seeboden bei Spital an der Drau.

Zirka eine halbe Stunde oberhalb von Seeboden am Millstätter See in der Nähe von Spital befindet sich ein Marmorbruch, in dem der sogenannte Liesertalmarmor gebrochen wird. Es ist ein schichtiges, ziemlich söhlig gelagertes, weiß und grau gebändertes Gestein, das von mittelkörnigen Partien übergeht in ganz feinkörnige bis dichte und Zwischenlagerungen von dünnen Phlogopitschichten enthält. Das Gestein, das unter dem Mikroskop durchweg starke Kataklase erkennen läßt, scheint nach erfolgter Umkrystallisierung ziemlichen Störungen ausgesetzt gewesen zu sein. Vielfach sind Verrutschungszonen vorhanden, in

denen der Kalk vollständig dicht und schwärzlich gefärbt erscheint. Auffallend sind die überaus zahlreichen schon makroskopisch sichtbaren, glänzenden, feinen Tremolitnädelchen im Kalk.

Unter dem Mikroskop ist dieser teilweise durch kleinste Einschlüsse getrübt und zeigt nicht sehr zahlreiche Einlagerungen von Phlogopit, Tremolit, Feldspat und Quarzkörnern. Die Kataklase, welche auch die Übergemengteile erkennen lassen, kommt zum Ausdruck in einer ausgesprochenen Mörtelstruktur und gebogenen und ausgefransten Zwillingslamellen. In den Verrutschungszonen bildet der Kalkspat eine feinkörnige Grundmasse, welche bei stärkerer Vergrößerung sich in kleine Körner mit Pflasterstruktur auflöst. In noch stärker mitgenommenen Partien wird das Kalkaggregat so dicht, daß die einzelnen Körner sich nicht mehr voneinander unterscheiden lassen. Dazwischen finden sich einzelne größere Kalkspatindividuen sowie Anhäufungen von stark kataklastischen Quarzkörnern, die mit der Grundmasse ganz verknetet und zum Teil zu linsenförmigen Gebilden ausgewalzt sind. Auch an der Grenze mit dem Nebengestein tritt eine solche Verrutschungszone auf, in welcher Graphit in meist parallelen Schlieren und Zügen eingelagert ist, so daß das Ganze ein geradezu fluidales Aussehen bekommt. Gelbgrüne Flecken, die sich besonders in der Nähe des Kontakts mit dem Nebengestein finden, rühren her von Anhäufungen von vielfach zerbrochenen Körnern von Zoisit, Tremolit und zum Teil auch etwas Chlorit. Auf die Mitwirkung vulkanischer Agenzien bei der Umwandlung weist noch hin das zahlreiche Auftreten von Apatit und Titanit.

Das Nebengestein bildet ein granathaltiger Glimmerschiefer, mit welchem sich der Kalk am Rande aufs innigste vermischt, und in den er auch in größeren Schlieren und Adern übertritt. Der Glimmerschiefer, der die gewöhnliche Ausbildung zeigt und gleichfalls deutlich eine Kataklase erkennen läßt, enthält als akzessorische Bestandteile viel Granat, Titanit und Titaneisen, das meist in Leukoxen umgewandelt ist, ferner etwas Kalkspat, Orthit und Apatit. Der Feldspat ist vielfach durch Einschlüsse von Kalkteilchen stark getrübt, der Biotit zum Teil in Chlorit umgewandelt.

2. *Paternion-Feistritz.*

In einem ziemlich unbedeutenden Kalkbruch, der zwischen Paternion-Feistritz und Weißenstein liegt, und in dem nur Schottermaterial gewonnen wird, steht ein ziemlich dichter, weißer, etwas dolomitischer Marmor an, der mit einem graublauen, grobkörnigeren wechsellagert. Letzterer zeigt beim Anschlagen den Skatolgeruch. Der Marmor ist durchweg etwas kataklastisch und hat verzahnte Struktur. Das graue Gestein hat unter dem Mikroskop ein trüberes Aussehen als das weiße. Als Einlagerungen finden sich kleine Quarzkörner und Phlogopitleisten sowie etwas Rutil. Der weiße Marmor zeigt vielfach starken Rostbeschlag.

Über dem Kalke liegt ein Gneis, der bei St. Paul oberhalb Paternion in einem Steinbruche aufgeschlossen ist. Er wird von zahlreichen Lagergängen von Quarz durchsetzt. Der Gneis, oder vielleicht besser Gneisglimmerschiefer, ist ein Aggregat von vorherrschend Quarz und etwas Feldspat (Labrador-Bytownit), das durchzogen wird von Schichten von parallel orientiertem Biotit nnd zonarstruiertem braungrünem Turmalin, der in ganz außerordentlicher Menge auftritt. Daneben findet sich noch massenhaft Granat (z. T. mit Siebstruktur), ferner Staurolith, Titanit und Titaneisen, Apatit, Phlogopit, Zirkon, Rutil, Chlorit und Graphit.

3. *Gummern.*

Oberhalb des Kalkwerks Gummern befindet sich ein letzterem gehöriger Kalkbruch, in dem neben einem grobkörnigen, grauen Stinkkalke stellenweise ein rein weißer, nicht stinkender Marmor auftritt. Durchzogen wird das Gestein von einer Anzahl von Aplit- und Pegmatitgängen, an deren Kontakt sich eine auffallende Farbenänderung an dem Marmor vollzieht. Derselbe zeigt nämlich zunächst am Aplit ein zartes Rot, welches durch Orange- und gelbliche Töne zuletzt in ein reines Weiß übergeht. Eine ähnliche, nur intensivere Rotfärbung findet sich dort, wo dünne, glimmerreiche Pegmatite das Gestein durchsetzen.

In nächster Nähe des Kalkbruches tritt ein gneisartiges Gestein auf, welches nach dem Befund u. d. M. als eine basische Randfacies des Zentralgranits bezeichnet werden muß. Es bildet ein Aggregat von Orthoklas, Andesin, Quarz, Kalkspat, Epidot, Zoisit, Chlorit und Titanit, welch letzteres Mineral in besonders auffallend großer Menge auftritt. Daneben findet sich auch reichlich Magneteisen, zum Teil in wohlausgebildeten Krystallen, ferner größere Körner von Apatit. Der Feldspat ist voll von Einschlüssen, die aus den übrigen Gesteinsgemengteilen bestehen, und die mitunter eine ansehnliche Größe erreichen. Am Kontakt

mit einer in den Kalk vorgeschobenen Apophyse vermischen sich beide Gesteine aufs innigste miteinander in der Art, daß der Kalk mit dem Feldspat und Quarz eine mikrolithische, wirr verfilzte Grundmasse bildet. Dabei tritt massenhaft Epidot und Klinozoisit auf, ferner grünlicher Glimmer, Chlorit, Titanit (mit Leukoxenbildung), Zirkon und zahlreiche Apatitkörner. Letztere drei Mineralien finden sich auch am Kontakt mit einem etwas Muscovit führenden Aplit, mit dessen Bestandteile sich der hier durch kleinste Einschlüsse etwas getrübte Kalk am Rande gleichfalls innig vermischt.

Der Kalk, der nur zum Brennen verwendet wird, zeigt unter dem Mikroskop deutlich verzahnte Struktur und einzelne Einschlüsse von Feldspat, Phlogopit und Graphit. Durchweg sind ebenso wie auch in den Apliten Spuren von Kataklase zu erkennen. Dunklere Partien, die sich mitunter im Kalke finden, enthalten einen grünlichen Glimmer, Epidot, Chlorit, Eisenglanz und Rutil.

4. Grastal.

Gleich am Eingang des bei Gummern sich abzweigenden Grastals findet sich links oben ein kleiner Aufschluß von körnigem Kalk, in dessen nächster Nachbarschaft ein Zentralgranit von verhältnismäßig dunkler Färbung sowie ein normal entwickelter Pegmatitgang, bestehend aus Quarz und Feldspat mit einer ca. $^1/_2$ cm breiten Muscovitschicht, ansteht.

Ungefähr eine halbe Stunde weiter oben im Tal stößt man auf zwei große Kalkbrüche. In dem einen am linken Talgehänge findet man eingelagert im Gneis einen mittelkörnigen, weißen, stark dolomitischen Marmor, der mit verdünnter Salzsäure nur wenig braust, daneben einen grauen grobkörnigen und kräftig brausenden Kalk, der von hellen verschwommenen Adern, gleichfalls von ziemlich grobkörnigem Gefüge, durchsetzt wird. Beide verbreiten beim Anschlage einen durchdringenden Skatolgeruch, der einem ebenfalls anstehenden grobkörnigen, weißen, fast reinen Kalke fehlt. Im Dünnschliff tritt durchweg eine verzahnte Struktur hervor. Die beim Anschlagen riechenden Marmore und Dolomite zeigen allenthalben eine starke Trübung durch kleinste Einschlüsse, die zum Teil rhomboëdrische Form zu haben scheinen und auch krystallographisch orientiert sind, aber nicht näher bestimmt werden können. Auch zahlreiche kleine Flüssigkeitseinschlüsse sind zu erkennen. Als Übergemengteile finden sich Phlogopit, der teilweise auch in dünnen Schichten im Kalke schon makroskopisch hervortritt, ferner wohl ausgebildete Krystalle von Graphit und Pyrit, sowie nicht näher zu bestimmende kleine schwarze Erzkörnchen. Der grobkörnige weiße Kalk, der gleichfalls etwas dolomitisch ist, gibt im Gegensatz zu den Stinkmarmoren ein klar durchsichtiges Bild, das nur stellenweise eine kleine Trübung zeigt.

Der Gneis, in welchen der Marmor eingelagert ist, ist ein ziemlich dunkles Gestein mit lichteren Augen und von derben Quarzinjektionen durchzogen. U. d. M. stellen sich die Augen als Anhäufungen von wirr durcheinanderliegenden kleinen Muscovitplättchen dar mit sehr viel Turmalin, etwas lichtgefärbtem Orthit, Zirkon und Rutil. Der dunkle Teil des Gesteins besteht aus braunen Biotitpartien mit größeren Feldspäten (meist Oligoklas-Andesin) als Ausfüllung, viel Granat und Erz (Pyrit, Magneteisen, auch etwas Eisenglanz). Am Kontakt mit dem Kalk geht das Gestein über in einen glimmerreichen Amphibolit, welcher aus einem regellosen Gemenge rundlicher, z. T. einschlußreicher Individuen von pargasitähnlicher Hornblende mit stark lamelliertem Kalkspat und Massen von spindelförmigen Titaniten besteht, die oft parallel gelagert sind. Braune Biotitplättchen sind überall eingestreut; ferner sind reichlich große Apatite und Magnetkies vorhanden sowie einzelne Individuen von Klinozoisit, etwas Zirkon und untergeordnete Körner von Magnet- bzw. Titaneisen. Lokal namentlich in lichteren Partien findet sich etwas Plagioklas und Quarz, die beide auch gerne neben Kalkspat in der Hornblende als Einschluß auftreten.

Die intensive Mischung des Kalkspates mit der Hornblende, die stark durchlöcherte Hornblende mit Einschlüssen von Kalkspat und Quarz weist darauf hin, daß die beiden Gesteine bei ihrer Mischung sich in einem überaus plastischen und beweglichen Zustande befunden haben müssen und die Nähe des Granits mit seinen Pegmatitgängen rechtfertigt den Schluß auf kontaktmetamorphe Bildung des Marmors wie des Nebengesteins.

Der Bruch am rechten Talgehänge, der ursprünglich zweifellos mit dem linken Bruche ein zusammenhängendes Ganzes bildete, zeigt dieselben Verhältnisse wie der letztere, nur daß hier die Klüfte, die das Gestein durchsetzen, nach zwei Richtungen schief verlaufen, während in dem anderen Bruche nur eine vertikale Klüftung auftritt.

5. *Treffen-Niederdorf.*

Beim Austritt aus dem Grastal trifft man zwischen Treffen und Niederdorf auf eine Reihe kleinerer Brüche, die alle demselben Marmorstreichen angehören, aber wegen ihrer unbedeutenden Ausdehnung und der Zwischenlagerung von Gneisen und Glimmerschiefern nur Material für Straßenbeschotterung und vielleicht noch Steine für Wegmarkierungen liefern. Mehr als im Grastal tritt hier noch der kontaktmetamorphe Charakter des Marmors hervor, da hier die Pegmatite den Kalk selbst durchsetzen. Die Pegmatite sind ziemlich grobkörnig, enthalten viel Turmalin, sehr kataklastischen Quarz, zwillingslamellierte Feldspäte, Granaten und große Muscovitplatten. Zum Teil sind sie schiefrig ausgebildet und stellenweise — im zweiten Bruche von Treffen her — kaolinisiert. Im ersten Bruche setzen auch schmale (bis ca. $^1/_2$ cm dicke) Bleiglanzadern mit etwas Kupferkies durch den Kalk und verzweigen sich stellenweise netzartig.

Die Marmore haben hier ganz denselben Charakter wie im Grastal. Sie sind durchweg etwas dolomitisch, in der Nähe der Pegmatite weiß, grobkörnig und ohne Skatolgeruch. Letzterer tritt dagegen stark auf bei der zweiten, feinerkörnigen, lichtgrauen Varietät. Die Marmore erweisen sich unter dem Mikroskop zum Teil als ziemlich kataklastisch. Die Zwillingslamellen sind vielfach stark verbogen und zerfasert. Die einzelnen Körner in den Ecken oft zu kleinem Grus zerrieben. Auch die vereinzelt sich findenden Einlagerungen von Glimmer, Quarz- und Feldspatkörnern lassen durch ihre Verbiegung bzw. undulöse Auslöschung eine Kataklase erkennen. Da auch die Pegmatite, die den Marmor durchsetzen, kräftige Anzeichen einer Zertrümmerung aufweisen, so ist daraus zu schließen, daß die Gesteine auch noch nach der Umkrystallisierung mechanischen Beeinflussungen ausgesetzt waren.

In dem grauen Marmor fällt besonders das Hervortreten einzelner lichter, gerundeter Körner in einem durch winzige Einschlüsse stark getrübten Kalkaggregate auf. Bei einer Behandlung des Dünnschliffs mit verdünnter Salzzäure war u. d. M. deutlich zu beobachten, wie die lichten Körner sich völlig neutral verhielten, während der übrige Teil des Gesteins eine lebhafte Reaktion zeigte und sich völlig auflöste (Fig. 8).

In den ersten Brüchen bei Treffen findet sich am Kontakt mit dem weißen Marmor ein dioritartiges Gestein, ähnlich wie im Lavanttal, wo es gangförmig den Marmor durchsetzt. Ganz in der Nähe treten auch Graphitschiefer auf.

In dem Bruche vor Niederdorf ist zwischen dem Marmor ein kalkreicher Glimmerschiefer eingelagert. Derselbe besteht vorherrschend aus trübem Kalkspat, bräunlichem Phlogopit, Zoisit, Chlorit und großen Massen von Titanit und Magnetkies, in welchem wohl ausgebildete Krystalle von Pyrit eingeschlossen sind. Vereinzelt tritt auch Apatit und Rutil auf. Von dem Marmor ist diese glimmerreiche Partie ziemlich scharf abgegrenzt.

Im letzten Aufschluß bei Niederdorf am Wege gegen Sattendorf ist das Hangende des Marmors ein Granatknotenschiefer. Unterlagert wird dieser von einem 20 cm starken blauen Kalkband, an welches sich ein abwechselnd weißer und blauer Dolomit anschließt in wenig geneigter Lagerung. In dem Knotenschiefer selbst befinden sich schmale Kalklagen. Am Kontakt mit dem Kalkglimmerschiefer, der sich seitlich dem Marmor anlagert, geht letzterer über in ein Aggregat von Kalk, etwas gefärbtem Phlogopit, Feldspat und Zoisit. Auch hier tritt sehr zahlreich Titanit auf, sowie Pyritkrystalle, eingewachsen in Magnetkies. Untergeordnet findet sich Augit.

6. *Annenheim.*

Einem Ausläufer des eben beschriebenen Marmorstreichens gehört ein Marmorbruch an, der unterhalb der Ruine Landskron unmittelbar hinter Annenheim am Ossiacher-See sich befindet. Es handelt sich hier um einen blendend weißen, feinkörnigen bis dichten Kalk, der aber wegen der zahlreichen durchsetzenden Klüfte, Pegmatitgänge und Glimmeradern nur mäßig große Steinblöcke liefern kann. Daneben finden sich dunklere, glimmerreichere Partien, die etwas gröberkörnig sind. Wie aus einem Stück, das in dem Bruche gefunden wurde, zu ersehen ist, wird der Kalk direkt am Kontakt mit einer dioritischen Apophyse großkörniger und erhält einen mehr dolomitischen Charakter. Der Diorit besteht aus einem Aggregat von Plagioklas (Oligoklas-Andesin) und stark korrodierter grüner Hornblende. Als akzessorische Gemengteile treten auf: sehr viel Titanit (besonders in der Randzone), reichlich Apatit und Granat, Magneteisen und Magnetkies sowie etwas Zirkon. Der Feldspat sieht aus wie bestäubt mit feinsten Kalkkörnchen. In der Grenzzone vermischt sich der Kalk ohne jedes

Anzeichen einer mechanischen Beeinflussung innig mit dem Diorit. Hier treten auch Titanite und Apatite in großer Anzahl in den Kalk selbst über, in welchem im übrigen nur noch gerundete Quarzkörner mit zum Teil noch deutlicher Krystallform als Einschlüsse zu finden sind.

Bei dem feinkörnigen bis dichten, weißen Marmor, der das Hauptgestein bildet, handelt es sich zweifellos um ein durch und durch zertrümmertes Gestein, das aus einem Aggregat von kleinen Kalkspat- und Quarzkörnchen besteht, die wenig miteinander verzahnt sind und zum Teil deutlich eine Mörtelstruktur erkennen lassen. Schon makroskopisch treten einzelne größere Kalkspatkörner hervor, die mit ihrer Spaltfläche aus der gleichmäßig dichten Masse herausleuchten. Unter dem Mikroskop erscheinen diese als die stark deformierten Reste größerer Individuen, welche von feinem Gereibsel umschlossen werden und durch massenhafte gebogene Zwillingslamellen geradezu faserig erscheinen. Größere formlose Quarzkörner zeigen durchweg undulöse Auslöschung.

Zwischen die vollständig vertikal stehenden Schichten des Gesteins ist ein Gneisband eingelagert, auch wird dasselbe von zahlreichen Glimmeradern sowie einem Pegmatitgange durchsetzt, welcher viele große Turmaline enthält. Der auftretende Gneis, oder besser Granatglimmerschliefer, besteht aus einem Gemenge von Quarz, saurem Plagioklas, Biotit und viel einschlußreichen Granaten. Er ist ganz übersät mit Rutilkörnern, aus welchen auch neben Quarz, Glimmer und Feldspat die Einschlüsse im Granat zum größten Teil bestehen. Des weiteren finden sich noch Titaneisen, Apatitkörner, Sillimanit Zirkon, sehr viel Orthit und Muscovit.

7. Töschling.

Auf demselben Niveau wie der der Drau entlang streichende Marmorzug liegt ein hinter der Station Töschling am Wörther-See befindlicher Marmorbruch, in welchem ein ziemlich feinkörniger, weißer, dolomitischer Kalk mit dunkleren Schlieren und Bändern, in denen der dolomitische Charakter noch sehr ausgeprägt ist, ansteht. Der Marmor ist eingelagert in einen Graphitphyllit, mit dem er aufs innigste verknetet ist, und der in großen breiten Schlieren und Putzen in den Kalk eindringt (vgl. Fig. 1). Bei der Umwandlung der Sedimente scheint der Kalk hier infolge der Durchtränkung mit den kontaktmetamorphen Agenzien überaus plastisch gewesen zu sein, was bei dem Schiefer, da er sich schon in den äußeren Kontaktzonen befand, offenbar weniger der Fall war. Bei der mechanischen Umformung des Gebietes wurde der letztere daher in einzelne Fetzen zerrissen, die von dem plastischen Kalke umhüllt und in ihn eingebettet wurden (vgl. auch Fig. 11).

Fig. 1.
Bruch bei Töschling.

Der Graphitphyllit ist am Kontakt mit dem Kalke stark mit Arsenkies imprägniert. Auch findet sich hier etwas Magnetkies. U. d. M. bildet er ein wirr verfilztes Aggregat von Phlogopitindividuen, die im allgemeinen eine parallele Orientierung erkennen lassen. Zwischen den Phlogopitleisten eingelagert sind größere Turmaline und ziemlich viel Graphit. Daneben findet sich auch Biotit, sowie größere Anhäufungen von kataklastischen Quarz- und Feldspatkörnern, ferner mit dem Glimmer parallel verlaufende, oft vielfach gewundene Adern, in welchen der Glimmer unter Ausscheidung von Leukoxen in Chlorit umgewandelt ist. Am Kontakt mit dem Kalke fügen sich Kalkspatkörner zwischen diese Mineralien ein. Auffallend ist hier die überaus starke Zwillingslamellierung, welche die einzelnen Körner ganz fasrig erscheinen läßt, und die sich, wie auch die hier vorherrschende Pflasterstruktur, in weiterer Entfernung im Kalk nicht wieder findet.

Im übrigen zeigt der Kalk, der durch die auftretenden dunkleren dolomitischen Partien oft ein geflammtes Aussehen erhält, (vgl. Fig. 2) nichts Besonderes. Er ist zum Teil etwas kataklastisch und vielfach durch kleine Einschlüsse — wohl Graphit — getrübt. Daneben finden sich als Zwischenlagerungen einzelne Quarz- und Feldspatkörner, die zum Teil selbst wieder zahlreiche kleine Carbonatkörnchen umschliessen, kleine Phlogopitleisten, Pyrit, Titaneisen

sowie Rutil und Leukoxen. Diese Bestandteile häufen sich ganz besonders in phyllitartigen Einlagerungen an. Hier fällt besonders auch die große Menge von Titanmineralien, meist Rutil und Leukoxen, auf. In anderen Partien reichern sich die Silikate so an, daß Gebilde entstehen, die den Charakter von Kalkglimmerschiefern annehmen.

Fig. 2.
Marmorpartie aus dem 1. Bruch bei Töschling (bei * in Fig. 1). Kalk durch dunklere dolomitische Partien geflammt.

Hier finden sich neben Quarz, Glimmer und Carbonaten größere Individuen von Oligoklas-Andesin, die gerundete Körner eines basischeren Feldspates umschliessen. Daneben treten nesterartige Partieen auf, die ausschließlich aus miteinander verzahnten, kleinen Quarzkörnern bestehen. Das Gestein ist vielfach von Rissen durchsetzt, die mitten durch die meist undulös auslöschenden Feldspat- und Quarzindividuen hindurchgehen und nachträglich von Carbonatmaterial wieder ausgefüllt worden sind.

An einer anderen Stelle durchsetzt ein lamprophyrartiger Gang den Marmor. Letzterer besteht aus einem Aggregat von vorherrschender grüner Hornblende, deren Individuen fast durchweg gut entwickelt sind, Biotit, Zoisit und Klinozoisit. Diese Mineralien vermischen sich am Kontakt mit den Carbonaten ohne eine erheblichere mechanische Beeinflussung. Auch etwas Quarz, Feldspat und Zirkon findet sich, ferner in ganz auffallend großer Menge Titanit in der typischen Spindelform.

In einem in der Nähe befindlichen zweiten Bruch an der Straße nach Pörtschach liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Der Marmor ist hier vorherrschend gebändert. Ein etwas gröber krystallinischer weißer Kalk wechsellagert mit feinkörnigeren, dunkleren, eisenreicher n Lagen. Das Nebengestein bildet zum Teil ein grüner phyllitartiger Glimmerschiefer, zum Teil ein dunkler Graphitphyllit. Beide weisen zahlreiche Kalkinjektionen auf. In die im Liegenden des Marmors befindlichen grünen Schiefer, die vielfach ganz zerrissen sind, ist der Kalk in mannigfacher Weise eingefaltet, ähnlich wie im ersten Bruche. Auf den Klüften ist ein Kupferbeschlag nicht selten. Auch ein manganhaltiger rötlicher Marmor findet sich in einzelnen Partien.

8. Sattendorf.

Am Nordufer des Ossiacher Sees bietet einen außerordentlich interessanten Aufschluß ein Marmorbruch in der Nähe von Sattendorf etwas oberhalb der Straße gegen Steinsdorf, in welchem Material zum Kalkbrennen gebrochen wird. Es handelt sich hier um einen ziemlich grobkörnigen, gebänderten Kalk von weißer und grauer Farbe. Der letztere stinkt etwas beim Anschlagen.

Überlagert wird der Marmor von Granatglimmerschiefer. Zwischen beide schiebt sich von einer Seite her ein dunkler Amphibolit ein, und im Liegenden des Marmors tritt ein minetteartiges Gestein hervor. Letzteres besteht aus Oligoklas-Andesin, Biotit, grüner Hornblende, Quarz sowie einschlußreichen Granaten. Dazwischen gelagert sind — wenigstens in der an den Kalk angrenzenden Partie — große Kalkspatindividuen mit zahlreichen Zwillingslamellen, die nur ganz vereinzelt etwas Kataklase erkennen lassen. Quarz und Feldspat sind manchmal mikropegmatitisch durcheinander gewachsen. Als akzessorische Gemengteile finden sich noch sehr viele Titanite, zahlreiche Apatitkörner sowie etwas pleochroitischer Klinozoisit und ziemlich viel Pyrit.

Der Marmor hat vorherrschend verzahnte Struktur und zeigt starke Zwillingslamellierung; stellenweise ist er durch kleinste Einschlüsse etwas verunreinigt. Quarz und Phlogopit sind Nebengemengteile, ferner Zoisit, etwas zersetzte grüne Hornblende, Apatit und Titanit, welch letztere am Rande einer im Kalke eingelagerten Schliere des Amphibolits sich finden. Ungemein mannigfaltig ist der Verlauf der Bänderung im Kalke; die abwechselnden graulichen und weißen Lagen, welche zweifellos einer ursprünglichen Schichtung entsprechen, sind stark ineinandergeknetet und wechseln auf kurze Entfernung von vertikaler Richtung bis zu zusammengeklemmten, fast horizontalliegenden Falten mit ausgewalzten Schenkeln. (Vgl. Fig. 3.) Dabei läßt der Kalk unter dem Mikroskop kaum eine Kataklase erkennen.

Der Granatglimmerschiefer, der zum Teil auch in dünnen Schichten Zwischenlagerungen im Kalke bildet, besteht in der Hauptsache aus kleinkörnigem Quarz, vielfach verbogenem und ausgefranstem Biotit

und sehr einschlußreichen zerbrochenen Granatkörnern, die von Biotitlamellen eingehüllt werden. Daneben findet sich noch Pyrit und Rutil.

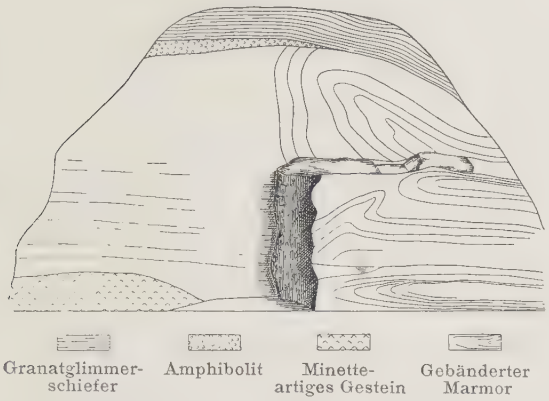

Fig. 3.

Marmorbruch bei Sattendorf.

Auch der Amphibolit, der den Kalk überlagert, enthält zahlreiche Granaten. Er ist fast ausschließlich aus grüner Hornblende zusammengesetzt, die vielfach zerbrochen und durchlöchert ist und zahlreiche Einschlüsse von Rutil enthält, welcher neben Titaneisen auch sonst in großer Anzahl vorhanden ist. Ferner findet sich noch etwas Quarz und Plagioklas, einige kleine Individuen von Klinozoisit, etwas Zirkon und als Einschluß in der Hornblende Orthit.

In der Nähe des Granatglimmerschiefers wechsellagern dünne Schichten von Kalk und Glimmerschiefer miteinander und bieten dadurch das Bild eines typischen Schichtgesteins. Daneben treten auch sehr dünne skarnartige Lagen von grüner Farbe auf, die unter dem Mikroskop sich als Züge von parallel orientierten grünen Hornblendeindividuen erweisen, die in Kalk eingebettet und zum Teil in Chlorit umgewandelt sind. In den Glimmerschichten tritt neben Kalkspat auch sehr viel Plagioklas hervor, der übersät ist mit kleinsten Kalkspatkörnern, sowie ganze Züge von zum Teil wohl ausgebildetem Anatas, neben Apatit und Pyrit.

In dem Bruche fand sich noch ein Stück — allerdings nicht anstehend — das zweifellos als Zentralgranit zu bezeichnen ist und im Dünnschliff auch dessen typische Zusammensetzung zeigt. Ein auf einem Schotterhaufen in der Nähe des Steinbruchs aufgelesenes Gestein hat einen eklogitartigen Charakter und besteht aus Granat, Calcit, Omphacit, Klinozoisit und Titanit.

9. Steinsdorf-Tiffen.

Am Ende des Ossiacher Sees steht in einem Steinbruch bei Steinsdorf nahe an der Straße nach Tiffen ein dichter grauer Kalk an, der nur in geringem Maße krystallinisches Gepräge erkennen läßt. Er wird von grauschwarzen Bändern durchzogen, deren Färbung darauf zurückzuführen ist, daß in dem Kalke massenhaft kleinste, schwarze Einschlüsse, wohl einer kohligen Substanz, eingelagert sind. Das Gestein fällt wohl in die äußerste Randpartie des kontaktmetamorph veränderten Massivs.

In einem letzen Aufbruch in dieser Reihe tritt der Marmor bei Tiffen in der Nähe von Feldkirchen ganz am Rande des Dorfs gegenüber der Kirche zutage. Es ist hier ein ziemlich dünnplattiger gebänderter Kalk mit weißen und dunkleren Lagen, die aber nicht scharf gegeneinander abgegrenzt sind. Der Marmor, der insbesondere in den dunkleren Partien ziemlich dolomitischen Charakter aufweist, ist eingelagert in ein Gestein, das zwischen Phyllit und Glimmerschiefer einzureihen ist, und das zahlreiche Quarzinjektionen zeigt. Die Schichtung steht fast durchweg beinahe senkrecht. Die plattige Absonderung des Marmors, der durch eingelagerte Quarzkörner stark verunreinigt ist, wird durch Zwischenlagerungen von feinen Glimmerplättchen hervorgerufen, die sericitartigen Charakter tragen. Eine dunklere dünne Ader, welche eine etwas gröberkörnige Marmorpartie durchsetzt, besteht aus wirr durcheinander gekneteten Phlogopitlamellen, zwischen welche ziemlich viel Braunspat, größere Apatitkörner, Rutil und Titanit eingelagert sind. Letztere Mineralien treten in der Randzone auch in den Kalk über.

10. Kulmberg bei St. Veit a. d. Glan.

Am Kulmberg bei St. Veit ist in mehreren Brüchen, von denen der bedeutendste westlich von dem Gehöfte Pupitsch liegt, ein großes Kalkmassiv aufgeschlossen, das von Erzadern durchzogen wird, die früher abgebaut wurden. Eingelagert ist der Kalk in einen dunkleren Glimmerschiefer (Graphitphyllit), der in dem obengenannten Bruche auch in dünnen Keilen von beiden Seiten her in den Kalk vorspringt, wie überhaupt Kalk und Glimmerschiefer in den Randzonen stark miteinander verknetet sind und oft schollenartige Einlagerungen des Nebengesteins aufweisen. Im allgemeinen sind beide ziemlich söhlig gelagert. Oberhalb des Bruches liegt ein grüner Schiefer, welcher Pyritwürfel und Magnetitoktaeder

enthält, und der in der Hauptsache aus meist chloritisiertem Biotit, Calcit, Quarz, Titanit, Plagioklas, Rutil und opakem Erz besteht[4]).

Der Graphitphyllit ist sehr reich an graphitischer Substanz, neben welcher noch schmale Glimmerlamellen, Quarz, Rutil, Turmalin sowie größere Körner von Magnetkies zu erkennen sind. (Vgl. Canaval l. c.) In den Schiefern finden sich größere Quarzknollen, die zum Teil von Ankerit begleitet werden.

Der Marmor, der etwas dolomitisch ist, erscheint im allgemeinen ziemlich feinkörnig; es finden sich jedoch auch etwas gröberkörnige sowie ganz dichte Partien, in welch letzteren dann der Dolomit vorherrscht. Er ist durchweg reich an Einschlüssen von Quarz und Feldspatkörnern sowie von Glimmer, auch Rutil, so daß er sich wenig für Ornamentzwecke eignet. Die Farbe geht über von einem zarten Rosa über gelbliche in rein weiße Töne. Vielfach hat der Marmor infolge des Auftretens von erhaltigen Glimmerschichten ein gebändertes Aussehen.

Mehrfach winden sich durch den Kalk Glimmerzüge (Phlogopit), die wie ausgewalzt erscheinen. Sie sind voll von kleinen Apatitkörnern, die zum Teil auch in die benachbarten kalkigen Partien, besonders als Einschlüsse der eingelagerten Quarz- und Feldspatkörner, eintreten. Daneben finden sich zahlreiche kleine Rutilkörner, Leukoxen, Pyrit und Magneteisen. Neben Phlogopit tritt manchmal auch in Verbindung mit Quarznestern und -gängen grüne Hornblende und etwas Epidot auf. Auch kleine Turmaline sind als Einschlüsse in der Hornblende und im Kalke vorhanden. Ganz unten im Steinbruch treten in den Kalk zahlreiche kleine und größere Magnetitkörner ein, die zum Teil deutliche Krystallform erkennen lassen.

Die dunklen Schlieren und Bänder, welche den Marmor vielfach durchziehen und sich scharf von demselben abheben, bestehen aus wirr durcheinander liegenden kleinen Individuen von grünlichem Biotit und Phlogopit. Helle dünne Kalkeinschlüsse in diesen Schlieren enthalten sehr viel Quarz, welchem gegenüber in einzelnen Partien der Kalk ganz zurücktritt. Das Ganze ist erfüllt von kleinen Magnetitkörnern, auch findet sich ziemlich viel Orthit und etwas Eisenglanz. An anderen Stellen erhält der Marmor durch das massenhafte Auftreten von Eisenglanz ein geflammtes fettiges Aussehen.

Die weiteren Marmoraufschlüsse bei St. Veit bzw. Seebichel zeigen ganz dieselben Verhältnisse, wie im Vorstehenden beschrieben. Ein hübsches buntes Bild bietet hier ein rosa gefärbter Marmor, der einzelne grauliche Partien aufweist und von dunklen glänzenden Schlieren und Bändern von Eisenglanz durchzogen wird. Im Dünnschliff unterscheidet sich das Gestein nur dadurch von dem weißem Marmor, daß hier eine ausgesprochene Pflasterstruktur vorherrscht.

11. Hüttenberg.

Am Erzberg bei Hüttenberg liegen eingelagert im Glimmerschiefer meist bankig ausgebildete, körnige Kalke, innerhalb welcher der Spateisenstein auftritt. Das Erzvorkommen ist von Baumgärtel (l. c.) näher beschrieben worden, und ich kann mich auf dessen Ausführung bezüglich der Lagerungsverhältnisse und der Beschaffenheit des Nebengesteins beziehen. Von mir wurde nur der am Ausgang des Kniechtistollens gelegene Kalkbruch untersucht, in welchem Zuschlagmaterial für den Hochofen gewonnen wird. Hier durchsetzen in den verschiedensten Richtungen Aplit- und Pegmatitgänge das stark zerklüftete Gestein, dessen Schichten oft beinahe senkrecht stehen. Der Pegmatit ist sandig verwittert und enthält große Turmaline nebst vielem Granat.

Der Aplit besteht aus einem Aggregat von Quarz, der sich oft in größeren Linsen anhäuft, Oligoklas-Andesin, wenig Glimmer und Chlorit sowie außerordentlich vielem Zoisit. Dazwischengelagert sind kleine Kalkspatkörner, welche gegen den Rand zu zahlreicher und größer werden, bis sie sich zu einem fast einschlußfreien, gleichmäßig körnigen Kalkaggregat zusammenschließen. In dem Aplit finden sich insbesondere am Kontakt mit dem Kalk größere Körner von Apatit, der auch in langen Nadeln im Feldspat eingelagert ist. Der Zoisit ist vielfach mit dem Feldspat perthitartig verwachsen. Schon makroskopisch sind auf der Schichtfläche zwischen Aplit und Kalk, zum Teil noch in letzterem eingewachsen, überaus zahlreiche kleine Turmalinnadeln zu erkennen, die meist parallel orientiert sind. Unter dem Mikroskop erweisen sie sich meist als zonar aufgebaut (innen blau, außen gelb) und enthalten zum Teil zahlreiche Einschlüsse, meist von Kalk und Feldspat.

Der Marmor, der sich hier findet, ist ein klares, ziemlich einschlußfreies Gestein mit zahlreichen, vielfach etwas gebogenen

[4]) Vgl. B. Canaval: Das Erzvorkommen am Kulmberg bei St. Veit. Carinthia II, No. 6, 1901.

Zwillingslamellen. Letztere sind nur wenig miteinander verzahnt. Als Einschluß finden sich einige wenige Phlogopitlamellen und etwas verrostetes Magneteisen.

12. Stelzing.

An dem Wege, der von Lölling über Stelzing zum Klippitz Thörl führt, steht in einer Reihe von jetzt aufgelassenen Brüchen ein Marmor an, der zweifellos mit dem Vorkommen von Hüttenberg Zusammenhang hat. Er wechsellagert hier mit einem Gestein, das ein Gemisch von Kalksilikatfels und Glimmerschiefer bzw. Kalkgneis darstellt. Der Kalk ist zum Teil in dasselbe hineingefältelt, z. T. mischen sich die Bestandteile der Gesteine am Kontakt aufs innigste. Überall finden sich Pegmatitgänge im Kalk, die zweifellos mit der Umkrystallisierung desselben in Zusammenhang zu bringen sind. Im untersten Bruch ist der Pegmatit größtenteils kaolinisiert.

Der ziemlich grobkörnige Kalk tritt in einer weißen und blaugrauen Varietät auf. Letztere stinkt beim Anschlagen kräftig und enthält schon makroskopisch erkennbare Krystalle von Graphit. Mehrfach konnte daneben auch Ankerit festgestellt werden. Die Kalkspatkörner sind im allgemeinen wenig miteinander verzahnt und bei dem weißen Marmor klar durchsichtig, während der graue Stinkkalk hier wie auch in allen anderen analogen Vorkommnissen zahlreiche dunkle Einschlüsse erkennen läßt, die ihm ein trübes Aussehen verleihen. Bei stärkerer Vergrößerung sind mitunter deutlich etwas bewegliche Libellen in den Einschlüssen wahrzunehmen. Sonst zeigt der Kalk nur wenig Einlagerungen von Phlogopit, Graphit und etwas Pyrit und Leukoxen (letzteren als Ausscheidung im Glimmer). In der Nähe des Kontakts werden die Einschlüsse zahlreicher: es treten große Individuen von Oligoklas hinzu, zum Teil in perthitischer Verwachsung mit Orthoklas, ferner Hornblende, farbloser Augit, Biotit, viel spindelförmiger und körniger Titanit sowie Apatit und Zirkon.

Mit weiterer Annäherung an den Kontakt, dort, wo Kalk und Glimmerschiefer ineinander übergreifen, ändern sich die Verhältnisse im allgemeinen nicht. Der Kalkspat wird nur etwas trüber. Stellenweise tritt jedoch eine interessante Erscheinung auf. Die Titanite, die in großer Zahl vorhanden waren, haben sich zersetzt in Anatas und Kalkspat, und zwar hat sich der Anatas auf den spindelförmigen Umrissen des Titanits und auf dessen Spaltrissen festgesetzt, so daß sich die Krystallform des letzteren noch deutlich erkennen läßt (Fig. 10). Überall, wo der Anatas auftritt, ist der Feldspat serizitisiert, und der Kalkspat bildet eine mörtelige Masse von kleinsten Körnern, wie man dies bei Pseudomorphosen zu finden pflegt. Der Glimmer ist entweder stark verrostet oder unter Ausscheidung von Anatas in Pennin umgewandelt. Auch Rutil und Leukoxen finden sich neben dem Anatas, ferner noch Magneteisen, Magnetkies und größere Apatitkörner.

In denjenigen Partien, in welchen bei der Umkrystallisierung der Kalk sich innig mit dem Nebengestein vermengt hat, und jetzt makroskopisch eine scharfe Grenze zwischen beiden nicht zu erkennen ist, haben sich größere, mit bloßem Auge erkennbare Granaten gebildet, ferner Klinozoisit, Chlorit und stark durchlöcherte unregelmäßige Körner von Hornblende, in welcher ebenso wie im Feldspat die ersteren Mineralien meist Einschlüsse bilden. Daneben findet sich auch hier Apatit, Magnet- bzw. Titaneisen, Titanit und etwas Biotit. Der Kalk, der vorzugsweise Pflasterstruktur zeigt, läßt von einer mechanischen Beeinflussung nichts erkennen. In einzelnen Partien tritt grüner Muscovit, Chlorit, Pyrit, Graphit und sehr viel Rutil, Titanit und Anatas auf neben schon makroskopisch erkennbarem Realgar, den übrigens Baumgärtner (l. c.) auch in dem Hüttenberger Marmor festgestellt hat. Rutil und Anatas geben als Umwandlungsprodukte aus Titanit in ihrer Anordnung hier zum Teil wieder ein ähnliches Bild, wie oben beschrieben. (Fig. 9.)

Der Kalkgneis, der das Marmorlager umschließt, und in welchem auch dünne Bänder des Kalkes eingelagert sind, besteht aus einem Aggregat von Labrador, grüner Hornblende, Augit, Granat, Biotit, Kalkspat, Zoisit und Klinozoisit, großen Massen von Titanit, Pyrit und etwas Apatit und Zirkon. Daneben tritt an der Straße nach Stelzing auch vielfach noch gewöhnlicher Glimmerschiefer zutage.

13. Twimberg-Wolfsberg.

Bei Twimberg im Lavanttal sind mehrere Kalkbänke in verschiedenem Niveau angebrochen, die manches Interessante bieten. Drei davon, die zunächst besprochen werden sollen, liegen an der Straße nach Wolfsberg. Es handelt sich hier um einen mittelkörnigen weißen und grauen, manchmal gebänderten Kalk, der in ziemlich mächtigen Linsen und Bänken in einem braunen Glimmerschiefer eingelagert ist. Der

graue Kalk verbreitet beim Anschlagen den charakteristischen Skatölgeruch, während der weiße auch hier geruchlos ist. Die Lagerung der Schichten ist vielfach gestört. Im ersten Bruch fallen die Schichten unter einem Winkel von ca. 30° ein, im zweiten stehen sie beinahe senkrecht, im dritten Bruche läuft die Bänderung bezw. Schichtung oben gerade und parallel, unten, wo ein Pegmatit eindrang, ist sie vielfach gefältelt (Fig. 4). Mehrfach wechsellagern schmälere und breitere Glimmerschichten mit dem Kalk, der seinerseits wieder Schlieren und Schollen im Glimmerschiefer bildet; auch Pegmatitgänge dringen in dieselben ein, die lokal zu einer Art von Skarnbildung Anlaß gaben.

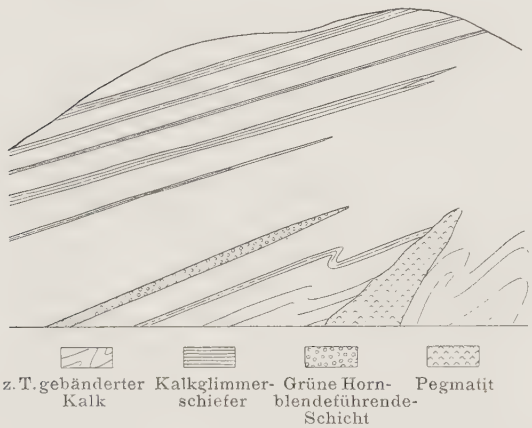

Fig. 4.

Dritter Bruch an der Straße Twimberg-Wolfsberg.

Der Marmor, der zum Teil dunkle, zum Teil eine braune Aderung bezw. Flammung zeigt — letztere wohl von Rostbildung herrührend — gibt u. d. M. ein klares, nur an einzelnen Stellen getrübtes Bild, ist aber durch ziemlich zahlreiche Einschlüsse von etwas kataklastischen Quarzkörnern und Phlogopit verunreinigt. Die das Nebengestein bildenden Glimmerschiefer zeigen die gewöhnliche Zusammensetzung und enthalten außerdem noch Klinozoisit, verwachsen mit Orthit, Phlogopit, ziemlich viel Apatit und Titanit, die auch zum Teil in den Kalk übertreten, sodann noch Rutil und Magnetit.

In der Nähe des Pegmatits finden sich im ersten und dritten Bruch grüne Schichten, die eine skarnartige Bildung darstellen und wohl durch Zuführung von Material durch den Pegmatit zu einer Zeit, in der die Gebirgsbewegung zum Stillstand gekommen war, gebildet wurden, so daß die Voraussetzungen für eine reine Piëzokontaktmetamorphose des Kalkes nicht mehr gegeben waren. Das Gestein besteht aus einem Aggregat von zweierlei Feldspat (Albit-Oligoklas und Labrador-Bytownit), Fassait, grüner Hornblende, mit Einschlüssen von Orthit, Zoisit und Klinozoisit, Biotit, auch etwas kataklastischem Quarz und Calcit, welcher gegen den Kontakt hin zunimmt, bis er in den reinen Marmor übergeht. Daneben tritt noch Titanit auf in zum Teil sehr großen spindelförmigen Individuen. Im dritten Bruch finden sich mehrfach glatte, glänzende Partien in diesem Gestein, das mitunter am Rande wie ausgewalzt aussieht. Es dürften dies Verrutschungsflächen darstellen.

In demselben Bruche bringt der Kalkglimmerschiefer eine Art Bänderung des Marmors hervor. Es treten dünnere und breitere glimmerreiche Lagen auf, zwischen welchen der Kalk selbst wieder schmale Zwischenlagen bildet. Es sind zum Teil durch Biotit braungefärbte Schichten, zum Teil grünliche Lagen, in welchen der Biotit fehlt. In letzteren tritt dafür eine grüne, vielfach durchlöcherte Hornblende und Zoisit auf neben Phlogopit und etwas Plagioklas. Die braunen Partien bestehen aus Quarz, Feldspat, der ganz übersät ist mit kleinen Kalkkörnern, parallel orientiertem Biotit, Calcit und etwas Pyrit.

14. Twimberg-Waldenstein.

Weitere Marmorbrüche finden sich bei Twimberg an der Straße nach Waldenstein. Von diesen ist hauptsächlich der unterste interessant, insbesondere deshalb, weil hier kleine Apatitgänge in ein skarnartiges Hornblendegestein übertreten. Der Marmor bildet hier größere Einlagerungen im Glimmerschiefer, in welchen er auch in dünnen Adern, zum Teil Schlieren und Schollen bildend, übertritt. Im Glimmerschiefer setzen Pegmatitgänge auf, die aber, soweit es der Aufschluß zur Zeit der Besichtigung erkennen ließ, nicht in den Kalk übertreten. An ein breites Glimmerschieferband, das in unregelmäßigen Windungen den Kalk durchzieht, ist eine schmale grüne Schicht angelagert (s. Fig. 5), die an der obersten Stelle, wo sie stark verwittert ist, ein grobfaseriges Aggregat von Strahlsteinnadeln bildet, dann ganz dicht wird und sich an dem Kontakt mit dem Kalk vielfach verzweigt und verästelt, einzelne Kalkbrocken umschließend, ohne sich scharf von diesen abzuheben. In der Nähe des Pegmatits, wo auch zwei bis drei Zentimeter mächtige Apatitinjektionen auftreten, stellt diese Schicht ein ganz grobkörniges, dunkelgrünes Gemenge von Hornblendeindividuen dar.

U. d. M. erscheint letzteres fast ausschließlich zusammengesetzt aus grüner Hornblende, die vielfach durchlöchert und korrodiert ist, und einem gegen die Hornblende stark zurücktretenden basischen Plagioklas, der bestäubt ist mit kleinen Kalkspatkörnchen. Daneben findet sich noch etwas Quarz, Calcit und Biotit, ferner Mag-

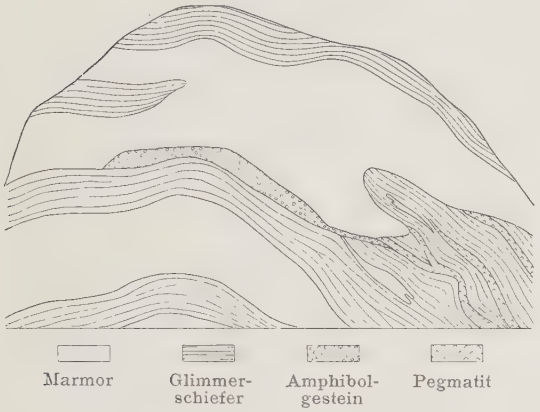

Fig. 5.
Unterster Marmorbruch an der Straße Twimberg-Waldenstein.

neteisen und Zirkon. Der Apatit, der in großen Massen auftritt, ist zum Teil in wohl umgrenzten Krystallen über das ganze Gestein hin zerstreut, zum Teil schiebt er sich zwischen die Hornblendekrystalle in größeren Gängen und Linsen ein, in welchen die Körner sich pflasterartig aneinanderlegen (Fig. 7). Die dichten grünen Partien, die sich im Kalke verzweigen, bestehen aus Einlagerungen von Strahlstein im Kalk, der hier ziemlich stark dolomitisch wird. Daneben finden sich noch einige größere Körner von Zoisit und etwas Phlogopit.

Auch in dem Glimmerschiefer treten in der Nähe dieses Amphibolgesteins grüne Partien auf, die nicht scharf von den Schiefern abgeschieden sind. Der Biotit geht hier zurück, und die Hauptmasse des Gesteins wird gebildet von wirr durcheinander gewachsenen Diopsid- und Hornblendekörnern und Kalkspat, daneben Klinozoisit und Zoisit bezw. einem sonstigen, der Epidotgruppe angehörigen Mineral (wohl Orthit) — beide zum Teil in zonarer Verwachsung, — Oligoklas, ziemlich viel Zirkon, auch etwas Quarz.

Der Glimmerschiefer, der das Nebengestein des Kalkes bildet und mit dem letzteren wechsellagert, ist zum Teil vielfach gefältelt und von Quarzinjektionen durchsetzt. Überall weist er schon makroskopisch zahlreiche Einschlüsse von Granaten auf. Unter dem Mikroskop sind zweierlei Glimmer zu unterscheiden, Biotit und Muscovit, die meist parallel orientiert und manchmal verbogen und gefältelt sind. Zwischen ihnen finden sich Partien, die aus kleinen kataklastischen Quarzkörnern neben Muscovit- und Biotitfetzchen sowie Andesin bestehen. Die zahlreich eingelagerten Granaten sind voll von Einschlüssen von Rutilkörnern und -kryställchen, die sich übrigens auch sonst vorfinden neben Orthit, Graphit und Zirkon.

Der mittelkörnige graue Kalk, der mitunter von dünnen Glimmerschichten durchsetzt und dann heller wird, wobei er zum Teil ein gebändertes Aussehen erhält, verbreitet beim Anschlagen Skatolgeruch. U. d. M. ist er meist durch kleinste Einschlüsse getrübt. Als Einlagerungen finden sich Phlogopit und farblose Hornblende. In einzelnen Partien in der Nähe des Kontakts mit dem Glimmerschiefer und Pegmatit häufen sich letztere an und bilden zusammen mit Quarz und Plagioklas linsenartige Ansammlungen. Dabei tritt dann massenhaft Apatit auf, auch Titanit und Pyrit.

Ein aplitischer Gang, der die Glimmerschiefer durchsetzt und Injektionen in diese aussendet, besteht aus Quarz und Albit-Oligoklas. Letzterer ist erfüllt von kleinen Kalkeinschlüssen, die sich insbesondere auf den Spaltrissen ansammeln. Daneben finden sich noch etwas Biotit und Rutil, einige Erzkörner und sodann noch Granaten, die breite Risse zeigen, welche ausgefüllt sind mit grünem, zum Teil in Chlorit umgewandeltem Glimmer.

Im zweiten Bruche finden sich ähnliche Verhältnisse. Auch hier treten Pegmatitgänge auf. Der Kalk wechsellagert mit dünnen, sehr quarzreichen Schichten von Glimmerschiefer, so daß das Gestein ein gebändertes Aussehen bekommt. Wo reichlich Material zur Bildung von Glimmer vorhanden war, haben sich die Glimmerplättchen parallel gelagert und geben nun dem Gestein den Charakter eines Kalkglimmerschiefers. Wo dieses Material gegenüber dem kohlensauren Kalke in den Hintergrund trat, ist der Glimmer ganz unregelmäßig im Marmor verteilt. Neben dem Glimmer finden sich hier überall noch Strahlstein, Quarz, einige Zirkonkörner und stellenweise auch Zinkblende. Das Ganze ist außerdem voll von Eisenglanz und Pyrit, welch letzterer zum Teil wohlausgebildete Krystalle bildet. Das Auftreten von Eisenglanz steht wohl im Zusammenhang mit den benachbarten ca. $^1/_4$ Stunde entfernten Lagerstätten von

Waldenstein, wo mächtige Lager von glimmerigem Eisenglanz zwischen körnigen Kalk und Glimmerschiefer eingebettet sind[5]).

In den weiter oben gelegenen Steinbrüchen an der Straße nach Waldenstein tritt der Marmor nur mehr in dünnen Adern und Schlieren im Glimmerschiefer bzw. Kalkgneis auf. U. d. M. bietet letzterer folgendes Bild: Durch ein Aggregat von Quarz (vielfach als Quarz vermiculé ausgebildet), Albit und Calcit gehen Glimmerzüge hindurch, die in der Hauptsache aus kleinen Biotitfetzchen, Phlogopit und Chlorit bestehen. Außerdem finden sich noch eingestreut zahlreiche Granaten, Titanit, etwas Zoisit, Zirkon, Apatit und Rutil. Im obersten Bruch tritt noch grüne Hornblende hinzu, sowie Saussuritputzen, welche sich als Aggregat von Zoisit α zu erkennen geben.

15. Fraßtal.

Der technisch bedeutendste Marmorbruch in Kärnten ist derjenige im Fraßtal oberhalb St. Gertraud, ca. 2 Stunden vom letzteren Orte entfernt. Hier kann für Bau- und Steinmetzarbeiten jeder Art geeignetes Material in jeder Größe gewonnen werden.

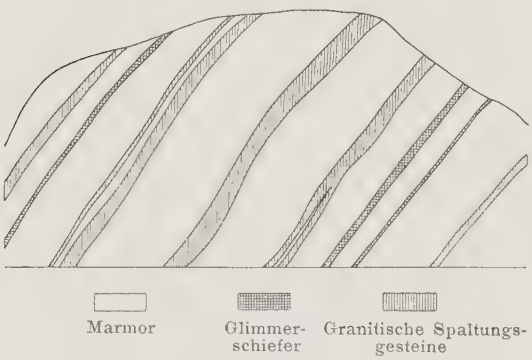

Fig. 6.
Marmorbruch im Fraßtal.

Aber auch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus dürfte er zu den interessantesten Marmorvorkommen gezählt werden. Neben aplitischen und pegmatitischen Gängen durchziehen die steil geneigten Schichten, parallel zu einander gelagert und in den Schichtflächen selbst aufsteigend (vgl. Fig. 6), minetteartige Gänge. Dazwischen treten, gleichfalls der Schichtung folgend, dioritische Apophysen auf. Auch Handstücke und kleinere Blöcke, die vollkommen den Charakter eines Zentralgranits-zeigen, fanden sich mehrfach in dem Bruche, konnten aber anstehend nicht festgestellt werden.

Am Kontakt mit den Eruptivgängen, zum Teil auch mit dem Glimmerschiefer, der das Nebengestein bildet und auch in dünnen Lagen zwischen den Marmorschichten eingebettet ist, geht der stark dolomitische grobkörnige Kalk über in ein lichtes Zitronengelb, dann in ein zartes Rot, das sich bei der Berührung mit dem Intrusivgestein in ein reines Weiß oder zum Teil auch in schmutziges Grau umwandelt. Dabei verschwindet der überaus kräftige Skatolgeruch, welchen das Hauptgestein beim Anschlagen durchweg aufweist. An anderer Stelle bleicht der grau gefärbte Kalk am Kontakt mit den Eruptivgängen nur aus, ohne die farbigen Übergänge zu zeigen, verliert aber auch hier den Geruch vollständig.

Der graue Kalk, der vielfach dunklere Bänder aufweist, die sich jedoch nicht scharf abheben, zeigt unter d. M. nur wenig verzahnte Struktur. Die einzelnen Körner sind zum Teil klar durchsichtig und enthalten höchstens einige Erzkörner, zum Teil sind sie durch kleinste Einschlüsse stark getrübt. Als akzessorische Gemengteile finden sich spärlich Phlogopit, Eisenglanz, einige kleine Rutilkörner, an einzelnen Stellen auch Magnet- bzw. Titaneisen, Magnetkies, Quarz, Titanit und Leukoxen. In einem Handstück fanden sich auch in einem dünnen Bande vereinzelt gelbbraune Magnesiaturmaline bis zu $^1/_2$ cm Größe neben wohlausgebildeten kleinen Pyritkrystallen im Kalke. Neben diesen beiden Mineralien war u. d. M. in dem hier etwas kataklastischen Kalk noch Titanit, Apatit, Phlogopit, Hornblende und etwas Magneteisen festzustellen.

Das dioritische Gestein besteht aus einem Aggregat von vorherrschend grüner Hornblende, Biotit, der aber in einzelnen Partien ganz zurücktritt, und Plagioklas (Andesin). Als Übergemengteile finden sich Quarz, Chlorit, zahlreiche Granaten, Rutil, Magnet- bezw. Titaneisen, große Titanite und am Kontakt mit dem Kalk auch Zoisit, Klinozoisit, Epidot und etwas Kalkspat. Letzterer ist auch in kleinen Körnchen, die aber zum Teil deutliche Krystallform erkennen lassen, sehr zahlreich im Feldspat eingeschlossen und dürfte hier primär sein. Die Hornblende, deren Krystalle meist zerbrochen sind, enthält auch kleinere und größere Körner von Orthit innerhalb von pleochroitischen Höfen.

Das minetteartige Gestein ist in einem breiten Bande zwischen den Schichten

[5]) Canaval: Eisenglanzvorkommen von Waldenstein. Carinthia II, Nr. 3, 1903.

des Kalkes eingelagert, begleitet von mehreren parallel mit ihm ziehenden dünneren, ein halb bis 1 cm dicken Lagen. Es besteht aus einem Gemenge von meist parallel orientiertem Biotit, Quarz, Andesin und Mineralien der Epidotgruppe, welche zum Teil miteinander verwachsen sind. Daneben findet sich viel Titanit, etwas Titan- und Magneteisen und Pyrit.

Die an das Vorkommen in Auerbach an der Bergstraße erinnernden eisknopfartigen Gebilde, die im Kalke auftreten, und von denen oben schon gesprochen wurde, bestehen aus abwechselnden dünnen, kalkigen und glimmerigen Schichten, die mehrfach verbogen und aufgestaucht sind, wobei sich die Glimmerzüge um einen augenförmigen, sehr granatreichen Kern zu lagern scheinen. U. d. M. ist ein Gemenge von Zoisit, Klinozoisit, Muscovit und etwas Calcit zu erkennen, durch welches Gänge von rötlichbraunem Biotit, umsäumt von sehr granathaltigen Partien, hindurchsetzen. Das Ganze ist voll von Körnern von Magnetkies und Magneteisen, die gleichfalls in parallelen Reihen das Gestein durchziehen. Außerdem findet sich noch Titanit und Rutil.

Die aplitischen Gänge zeigen die gewöhnliche Zusammensetzung. In einzelnen Partien reichern sich die Glimmer an und verleihen dem Gesteine dann ein schiefriges Aussehen. Als Übergemengteile findet sich Chlorit mit Sagenit. In einer dünnen Apophyse, die den Kalk durchquert, erscheinen zahlreiche Granaten, voll von Einschlüssen von Graphit- und Rutilkörnern, ferner Orthit und Staurolith.

Die an der Kontaktzone hinziehenden Streifen von rötlichem und gelbem Marmor zeigen u. d. M. nichts Besonderes. Sie bestehen aus klaren einschlußfreien Körnern mit vorherrschender Pflasterstruktur und wenigen, aber scharfen und geraden Zwillingslamellen. Eingelagert sind nur einzelne gerundete Quarzkörner und Phlogopitleisten. In dem rötlichen Marmor treten in größerer Anzahl zerbrochene Zoisite hinzu, welche selbst wieder Einschlüsse von Kalkspat und Titanit enthalten, und zahlreiche spindelförmige Titanite, ferner etwas Klinozoisit.

Als Nebengestein findet sich am Wege von St. Gertraud zum Steinbruch mehrfach ein Glimmerschiefer aufgeschlossen, der bald klein- bald größerkörnig ist, sich aber von den in dieser Zone allenthalben vorkommenden Glimmerschiefern in nichts unterscheidet.

IV. Zusammenfassung der Beobachtungen.

Trotz der großen Anzahl vorzüglicher Aufschlüsse in dem in Betracht kommenden Gebiete wurden keine Funde gemacht, welche zwingend auf eine ursprünglich sedimentäre Beschaffenheit der untersuchten Vorkommnisse hinweisen würden. Vielfach werden die zentralalpinen krystallinischen Schieferzonen als Bestandteile der archäischen Formationsgruppe aufgefaßt, und doch ist nirgends in so hohem Maße wie gerade in den Zentralalpen die Beschaffenheit der Gesteine so weit abweichend von dem, was man von einer archäischen Formationsgruppe im Sinne der Geologie erwarten sollte. Fast nirgends ist im krystallinischen Gebirge eine so ausgedehnte Abwechslung in der petrographischen Beschaffenheit der Gesteine vorhanden wie hier, und wenn auch die an manchen Stellen der Alpen aufgefundenen Fossilien nicht den definitiven Beweis für die Zugehörigkeit der Gesteine zu jüngeren Formationen erbringen würden, so wäre schon diese abwechslungsreiche Zusammensetzung der Gesteine selbst ein Hinweis darauf, daß es sich nicht um Bildungen aus der ältesten Entwicklungsgeschichte unserer Erde handeln kann.

Die das granitische Zentralmassiv in verschiedenen Teilen der Alpen umhüllenden Gesteine gehören zweifellos verschiedenen geologischen Formationen an, und wir können uns trotz des Fehlens irgendwelcher Fossilfunde aus dem ganzen Habitus der Gesteine im Vergleiche mit den nicht metamorphisierten fossilführenden Formationen der Alpen wenigstens annähernd ein Bild von ihrer geologischen Bedeutung machen. Durch zweifellose Fossilfunde von carbonischem Alter ist die Zugehörigkeit der Marmore der Niederen Tauern zum Carbon einwandfrei festgestellt, und auch der Charakter der begleitenden Gesteine, namentlich die ausgedehnten Systeme von Graphitschiefer mit Graphiteinlagerungen weisen auf diese Formation hin. Am Groß-Venediger zeigt das bedeutende Vorherrschen der auf Diabasergüsse zurückzuführenden grünen Schiefer eine Analogie mit den diabasreichen Devonschichten der Ostalpen; am St. Gotthard und in anderen Teilen der Westalpen wurde durch Funde von Belemniten ein jurassisches Alter der betreffenden krystallinischen Schiefer festgestellt. Ein derartig scharf präzisiertes Vorkommen haben wir in Kärnten nicht; aber der allgemeine Gesteinscharakter — umgewandelte Schiefer mit mächtigen Kalkeinlagerungen — weist im großen und ganzen auf die alpine Facies der Trias hin.

Was den verschiedenen Habitus der Gesteine anbetrifft, so beobachtet man, daß die höchst krystallinen Bildungen der allerverschiedensten Typen die nächsten Nachbarn der zentralgranitischen Massive sind. Unter gleichmäßiger Wiederholung ganzer Schichtenfolgen wird mit der Entfernung vom Zentralgranit die krystallinische Beschaffenheit geringer und geringer und schließlich sind dieselben Serien in rein klastischer Ausbildung als wohl bestimmbare Glieder der fossilführenden Formationen vorhanden. Es kann also wohl kein Zweifel sein, daß z. B. die nördlich vom Paltental anstehenden Anthrazitvorkommen die vollkommenen Äquivalente der noch von Apophysen des Granits durchzogenen Graphitschiefer der Niederen Tauern mit ihren Graphitflözen und den carbonischen Pflanzenresten sind. Erstere sind eben weiter vom Zentralgranit entfernt, und schließlich stellt das normale Carbon der Ostalpen diesen vollständig äquivalente Bildungen dar, welche nicht mehr in den Bereich der Zentralalpen fallen.

Die Häufigkeit der Einlagerungen von granitisch-gneisartigem Charakter, die weite Verbreitung von Pegmatitgängen und anderen Abzweigungen des Zentralgranits nimmt mit dem Zurücktreten der krystallinischen Struktur allenthalben ab und fehlt schon den weniger krystallinen Teilen der Schieferhülle vollständig. In diesen Außenzonen von phyllitartiger Beschaffenheit stellen sich dafür massenhafte Quarzinjektionen ein, deren Zusammenhang mit den Pegmatiten durch gelegentliches Auftreten von Muscovit und Turmalin deutlich nachweisbar ist, und welche zu dem so wenig entsprechenden Namen der Quarzphyllite in der österreichischen Geologie geführt haben. Auch in der mikroskopischen Beschaffenheit dieser Gesteine ist stets die Wirkung vulkanischer Agenzien vor allem in den massenhaften Individuen von Turmalin deutlich zu erkennen. Daraus aber ergibt sich ein zweifelloser Zusammenhang zwischen der Intrusion des Zentralgranites selbst und der krystallinen Beschaffenheit seiner Schieferhülle.

Die in dem hier vorliegenden Gebiete betrachteten Gesteine zeigen in den Hauptgrundzügen dieselben Erscheinungen, wie sie in den eben besprochenen besser gekennzeichneten alpinen Vorkommnissen vorhanden sind, d. h. die hochkrystallinische Entwicklung und intensive Durchaderung mit granitischem Material in den dem Zentralgranit zunächst liegenden Teilen. Ebenso haben die hier untersuchten Vorkommen das Zurücktreten beider Erscheinungen mit der Entfernung von Granit mit den anderen gemeinsam. Es liegt darum gar kein Grund vor, eine andere Entstehungsart der hier betrachteten Vorkommen anzunehmen, umsoweniger, als auch in der Struktur wie in der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteine in den Kärntner Marmorlagern sich alle Kennzeichen der sonstigen Gesteine der zentralalpinen Schieferhülle wiederholen.

Auch das Vorhandensein ausgedehnter Ablagerung von Stinkkalk weist auf die Mitwirkung von Organismen bei der Bildung dieser Gesteine hin, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die ganzen Ablagerungen, die hier in Betracht kommen, sedimentärer Entstehung sind. Wir können dabei die genauere Bestimmung des geologischen Alters als eine Frage von geringerer Wichtigkeit außer Acht lassen. Zweifellos ist soviel, daß die jetzt in krystallinem Zustand vorliegenden Bildungen ursprünglich als Schichtensysteme von dichtem Kalkstein, Tonschiefern und Sandsteinen zur Ablagerung gekommen sind.

Über die verschiedenen Möglichkeiten des Metamorphismus, welcher aus solchen Sedimenten krystallinische Gesteine zu entwickeln imstande war, ist in den letzten Jahrzehnten eine ausgedehnte Literatur entstanden. Es kann hier davon abgesehen werden, die einzelnen Arten der Umwandlung spezieller zu definieren, und ebenso braucht nicht weiter auf die Hauptbeweispunkte der verschiedenen Richtungen eingegangen zu werden. Das muß vorausgesetzt werden. Ich möchte nur diejenigen Beobachtungen spezieller hervorheben, welche für die Deutung der Art und Weise der Umwandlung in den Kärntner Marmorlagern gemacht werden konnten.

Es liegt keine einzige Beobachtung vor, daß größere oder geringere Dislokationen, stärkerer oder weniger starker Gebirgsdruck maßgebend für die Entwicklung der krystallinischen Struktur der Gesteine war. Es ist ebenso wenig irgendein Anzeichen dafür gefunden worden, daß etwa gewaltige Gebirgsmassen sich einst über diesem Gebiete aufgebaut hätten, durch deren überlastenden Druck die Umwandlung erklärt werden könnte. Im Gegenteil, die Verhältnisse liegen äußerst einfach. Wie schon vorher angeführt, kann nur ein Moment als maßgebend für die krystalline Struktur dieser Gesteine angesehen werden, und dies ist die Nähe des Zentralgranits. Die kontaktmetamorphische Umwandlung, wie sie Weinschenk für die Tiroler Marmorlager annimmt, gibt auch hier die einzige Möglichkeit einer Erklärung. Wenn Hammer

l. c. auf die Reinheit der alpinen Marmore und das Fehlen der normalen Kontaktmineralien in denselben aufmerksam macht, um damit die Möglichkeit einer anderen Art der Metamorphose zu retten, so muß demgegenüber auf die zahlreichen Beobachtungen hingewiesen werden, welche ebenso im Kärntnergebiet wie in Tirol die Beteiligung vulkanischer Kräfte sicherstellen. Man hat in den letzten Jahrzehnten den Verlauf der Kontaktmetamorphose so eingehend kennen gelernt, daß man berechtigt ist, solche Hypothesen, wie sie Hammer aufstellt, als überholt zu bezeichnen; und wo die ganze Erscheinungsform und der geologische Verband der Gesteine so zwingend auf die Wirkung kontaktmetamorphisierender Agenzien hinweist wie in den zahlreichen Vorkommnissen alpiner Marmore, kann in dem Fehlen der sogenannten Kontaktmineralien, d. h. derjenigen Mineralien, welche die ältere Geologie als solche anerkannt hat, kein zwingender Beweis gegen diese Entstehungsart gefunden werden.

Die gewöhnliche Art des Kontaktmetamorphismus beruht auf einer einfachen Umkrystallisation der vorhandenen Gesteinsbestandteile: ein reiner Kalkstein wird zu reinem Marmor. Wenn auch lokal ausgedehnte Mineralneubildungen namentlich an der direkten Grenze von Granit und Kalk hervortreten, wenn sich an manchen Stellen hier mannigfache Anhäufungen von Silikaten, von Apatit etc. finden, die mit den ursprünglichen Bestandteilen des Kalkes nichts zu tun haben, so sind das ähnlich wie die Topasierung und Turmalinisierung gewisser Kontaktgesteine anormale Erscheinungen, deren Vorhandensein oder Fehlen für die Tatsache der Kontaktmetamorphose ohne jede Bedeutung ist.

Allerdings bleibt immer noch der Einwand bestehen, daß sich in den alpinen Gebieten auch aus ursprünglich sehr unreinem Kalke nicht oder höchstens in geringem Maße die normalen Kontaktmineralien entwickeln, daß z. B. in solchen Gesteinen Quarz neben Kalkspat bestehen bleibt, welcher doch unter sonstigen Verhältnissen zur Bildung von Silikaten Anlaß geben würde. Schon Lepsius hat darauf hingewiesen, daß das Silikat des Wollastonits zusammen mit der bei seiner Bildung frei werdenden Menge Kohlensäure ein viel größeres Volumen einnimmt als die Kombination gleicher Quantitäten Quarz und Kalkspat, und Weinschenk hat in seiner allgemeinen Gesteinskunde diesen Gedanken weiter ausgeführt mit dem besonderen Hinweis darauf, daß die als normal betrachteten Kontaktmineralien körniger Kalke nur dort entstehen, wo Intrusivmassen unter normalen physikalischen Verhältnissen den Kontakt verursachten, daß dagegen die hier überall hervortretende „anormale“ Mineralkombination in der Begleitung solcher Gesteine sich einstellt, welche die Erscheinungen der Piëzokristallisation zeigen. Daß die granitischen Gesteine der Kärntner Marmorlager zu diesem letzteren Typus von Gesteinen gehören, konnte überall festgestellt werden.

Die hauptsächliche Kombination der Mineralien kann also auch nicht als Einwand gegen die Wirkung der Kontaktmetamorphose bei der Umwandlung dieser Gesteine angesehen werden. Dagegen haben wir für diese einige direkte Beweise. Diese sind nicht nur in der Verbreitung echter Eruptivvorgänge von vorherrschend pegmatitischem, aber auch normalgranitischem, aplitischem und lamprophyrischem Charakter in den untersuchten Gesteinen gegeben, sondern auch in dem häufigen Auftreten von Turmalin und in der Anhäufung von Titanit und Apatit, welche sonst dem Kalke fremd sind, die sich aber hier in der Nachbarschaft dieser Gesteine besonders massenhaft einstellen.

Auch die Erscheinung daß die Eruptivgesteine in den Grenzzonen sich häufig mit dem Material der umgewandelten Sedimente mischen, daß Carbonate in Menge in den Ganggesteinen und deren silikatische Gemengteile in dem Nebengestein ohne irgendwelche mechanische Veränderungen überall deutlich hervortreten, ist ein Beweis für die Wirkung der vulkanischen Tätigkeit.

Es kann vielleicht auch noch die lokale Imprägnation mit Eisenglanz und schließlich die allerdings untergeordnete Entwicklung erzführender Gänge als Hinweis in dieser Richtung herangezogen werden.

Auch darauf soll noch hingewiesen werden, daß nach den Untersuchungen von Adams und Nicolson[6]) eine mechanische Deformierung von Marmor durch hohen Druck nur dann ohne Zertrümmerung des ganzen Gefüges vor sich geht, wenn gleichzeitig eine hohe Temperatur des Gesteins vorhanden war. Diese Resultate experimenteller Untersuchung erhalten eine volle Bestätigung durch zahlreiche Beobachtungen in dem Kärntner Gebiete. Wo nach der Umkrystallisation der Gesteine sich weitere Dislokationen vollzogen

[6]) An experimental investigation into the flow of marble. Proc. roy. soc., Vol. LXVII., 1900, 228.

haben, da finden wir, daß unter den nun herrschenden Verhältnissen auch der Kalkspat sich nicht mehr wie eine rein plastische Masse verhält, sondern daß er ebenso wie in jenen Versuchen eine deutliche Trümmerstruktur annimmt, und so durch die mechanische Einwirkung der vorher grobkörnige Kalk zu einem dichten Gesteine wird.

Was endlich die Ursache des unangenehmen Geruchs der als Stinkmarmor bezeichneten Gesteine betrifft, so wurde früher allgemein angenommen, daß es sich hier um eine mechanische Beimengung von Schwefelwasserstoff handelt, welcher vermutlich organischer Entstehung wäre. Die genauere Charakterisierung des besonders in dem Marmor des Fraßtals kräftig hervortretenden unangenehmen Geruchs hat aber die Hypothese nahegelegt, daß es nicht Schwefelwasserstoff, sondern andere, und zwar eigentliche organische, übelriechende Stoffe sind, welche dem Kalk beigemengt erscheinen. Das Auftreten lebhaft gefärbter Abarten des letzteren an der direkten Berührung mit den durchsetzenden Eruptivgängen wies besonders auf die Gruppe der Indolderivate hin, in welcher sehr stark riechende Stoffe wie das Skatol nahe Verwandtschaft mit intensiven Farbstoffen zeigen. Gleichzeitig zeichnen sich bekanntlich die Indolderivate durch besonders große Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen aus, so daß ihre Erhaltung in den zweifellos einst stark erhitzten kontaktmetamorphen Marmoren auch von diesem Standpunkt aus nicht auffallend erscheinen kann. Die Vermutung, daß solche Stoffe in dem ursprünglich sedimentären Kalk vorhanden seien, wird auch dadurch unterstützt, daß die Indolderivate nächst den Ptomainen zu den verbreitetsten Fäulnisprodukten von Eiweiß gehören.

Der blaue Marmor des Fraßtals als der stärkst riechende von allen wurde in diesen Richtungen eingehender untersucht. Durch Zerstampfung einer größeren Menge von Material in einem eisernen Mörser wurde eine starke Anhäufung der übelriechenden Gase hervorgebracht und das Ganze mit feuchtem Bleiessigpapier überdeckt. Dieses bräunte sich langsam, so daß unter den entwickelten Gasen Schwefelwasserstoff als vorhanden angenommen werden muß. Daß aber damit die Ursache des üblen Geruches vollständig erklärt wäre, ist wohl nicht anzunehmen. Ein Kontrollversuch mit einer durch den Geruch kaum wahrnehmbaren Menge von Schwefelwasserstoff ergab wenigstens eine sehr viel intensivere und raschere Bräunuug des Bleipapieres als die außerordentlich kräftig stinkende Luft in dem Mörser. Allerdings muß andererseits festgestellt werden, daß es nicht gelang, sei es auf direktem Wege, sei es in einem Auszug mit reinem Ligroin oder Alkohol, irgendeine Spur einer organischen Substanz nachzuweisen.

Es ist zweifellos, daß an dem üblen Geruche der Stinkkalke sich Schwefelwasserstoff beteiligt; aber der Geruch dieser Gesteine ist an sich schon ein etwas anderer als jener des Schwefelwasserstoffs, und die nachweisbare Menge dieses Gases ist überhaupt viel zu gering, um den kräftigen Geruch der Gesteine beim Anschlagen zu erklären. Dazu kommt noch die ganz zweifellos in verschiedenen Vorkommnissen der Kärntner Marmorlager festgestellte Erscheinung, daß durch direkten Kontakt mit Eruptivgängen der Stinkkalk in einen nicht riechenden lebhaft gefärbten Marmor übergeht, so daß kein Zweifel möglich ist, daß neben dem Schwefelwasserstoff sich äußerst geringe Mengen stark riechender organischer Stoffe an dem üblen Geruche beteiligen, Stoffe, die aber in so geringer Menge vorhanden sind, daß sie bei den kleinen bei der Analyse verwendeten Mengen sich der Beobachtung entziehen. Daß die blaugraue Färbung und namentlich auch die Trübung der einzelnen Carbonatkörner mit diesem üblen Geruche in Beziehung zu bringen ist, das ist durch die ganze Reihe der Beobachtungen im Kärntner Marmorgebiet bewiesen. Über den Charakter dieser Bildung gibt allerdings auch das Mikroskop keinen Aufschluß: bei der Feinheit der Einschlüsse konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob es sich um feste, flüssige oder gasförmige Körper handelt.

Daß im allgemeinen der Dolomit seltener den üblen Geruch aufweist, zeigt die Erfahrung, und es ergibt sich dies auch aus der Beobachtung, daß in dolomitischen Stinkkalken neben den getrübten Kalkspatkörnern gut unterscheidbare klare Körner von Dolomit liegen. Selten aber trifft man auch stark riechenden Normaldolomit, und dann sind auch dessen Körner ebenso getrübt, wie dies beim Kalkspat gewöhnlich ist.

V. Resultate.

1. Die krystallinische Zone der Kärntner Alpen gehört einer ursprünglich sedimentären Formation an und verdankt ihre Umwandlung metamorphischen Prozessen.

2. Die krystallinische Beschaffenheit der Gesteine dieser Zone ist um so deutlicher

hervortretend, je näher sie am Zentralgranit liegen. Mit der Entfernung vom Zentralgranit gehen hochkrystallinische Glimmerschiefer in Phyllite über, und aus dem in der Zone des Glimmerschiefers grobkrystallinischen Marmor werden immer feiner krystallinische Bildungen. Scheinbare Ausnahmen von dieser Regel, namentlich das Auftreten dichter Varietäten in der Zone der injizierten Schiefer, lassen sich u. d. M. mit großer Deutlichkeit als Ergebnisse der Zermalmung durch Gebirgsdruck erkennen.

3. In der nächsten Nachbarschaft der granitischen Massen sind Schiefer wie Marmor von verschiedenartigen Gängen durchsetzt, welche nur als Ausläufer der Intrusion des Zentralgranits angesehen werden können. Es haben gleichzeitig in demselben sich typische Mineralien der pneumatolytischen Agenzien entwickelt, wie der Turmalin und Apatit, die dem ursprünglichen Gesteinsbestande fremd sind. Auch in den am wenigsten krystallinisch entwickelten Gesteinen fehlt eine Imprägnation mit Turmalin nicht.

4. Die Struktur der durch Kontaktmetamorphose umkrystallisierten Kalksteine zeigt bald die innige Verzahnung der einzelnen Körner, bald ausgesprochene Pflasterstruktur, ohne daß irgendein Zusammenhang dieser entgegengesetzten Formen mit den Prozessen der Umwandlung selbst konstatiert werden könnte. Die hin und wieder vorhandene Kataklasstruktur dagegen weist deutlich auf Bewegungen in dem schon umkrystallisierten Gestein hin, als die Temperatur nicht mehr hoch genug war, um eine plastische Verschiebung der einzelnen Körner zu gestatten.

5. Die den unangenehmen Geruch des Stinkmarmors hervorbringende Substanz besteht zum Teil aus nachweisbarem Schwefelwasserstoff. Daneben ist aber höchstwahrscheinlich eine noch stärker übelriechende organische Substanz vorhanden, welche einer Gruppe angehören muß, die eine große Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen hat. Selbst Marmore der höchstkrysstallinischen Zone, die einst stark erhitzt waren, enthalten diese in unverändertem Zustand. Erst die direkte Berührung mit den späteren Nachschüben der granitischen Intrusion hat in schmalen Zonen ihre Veränderung bewirkt und wahrscheinlich die eigenartigen zarten Farben auf ihre Kosten entstehen lassen, welche auf den direkten Kontakt mit diesen Gängen beschränkt sind.

6. Die Ursache der Metamorphose in den Kärntner Marmorlagern kann nur der Wirkung des Zentralgranits zugeschrieben werden. Die anormale Beschaffenheit ihrer mineralischen Zusammensetzung ist eine Folge des während der kontaktmetamorphischen Umkrystallisation herrschenden Gebirgsdrucks, der sich ebenso deutlich in der Zusammensetzung der granitischen Gesteine ausspricht, welche den Typus der Piëzokrystallisation aufweisen.

(München, petrographisches Seminar, Juli 1909.)

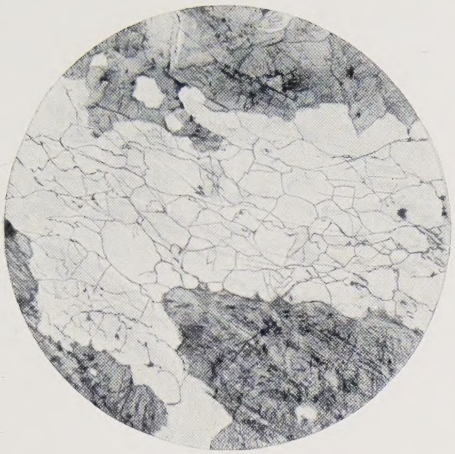

Fig. 7.

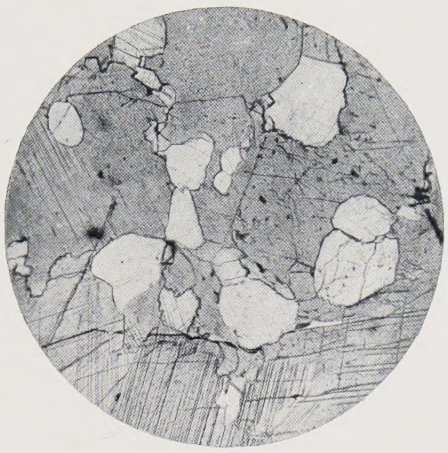

Fig. 8.

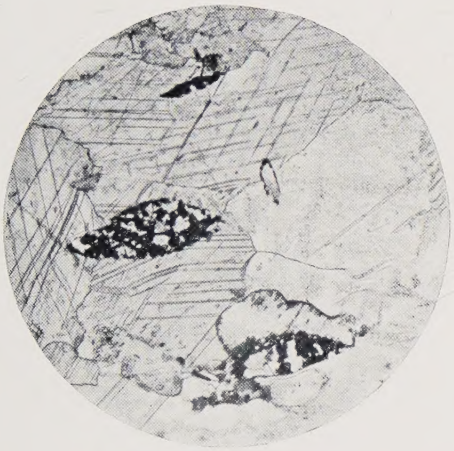

Fig. 9.

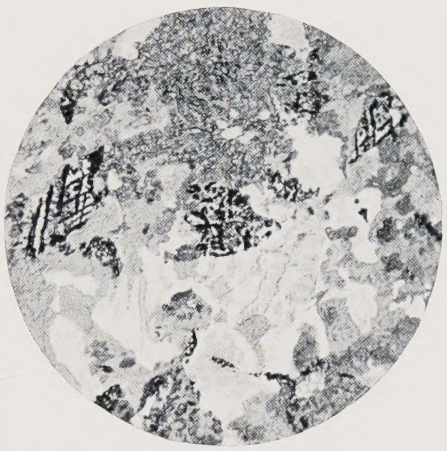

Fig. 10.

Fig. 7 stellt einen Dünnschliff dar, in welchem ein Apatitgang das Gestein, das in der Hauptsache aus vorwiegend Hornblende und einem basischen Plagioklas besteht, durchsetzt. Die einzelnen Apatitkörner haben sich pflasterartig angeordnet.

Fig. 8 zeigt lichte gerundete Dolomitkörner in einem durch winzige Einschlüsse stark getrübten Kalkaggregat.

Fig. 9. Auf den spindelförmigen Umrissen der Titanite, die sich in Rutil bzw. Anatas und Kalkspat umgewandelt haben, sowie auf den Spaltrissen derselben haben sich die Rutil- bzw. Anataskrystalle festgesetzt, so daß die Krystallform der Titanite noch deutlich zu erkennen ist.

Fig. 10. Ebenso wie bei Fig. 9. Nur herrscht hier der Anatas vor.

Fig. 11. Durch Einknetung in den Kalk zerrissener Phyllit von Töschling nach einem angeschliffenen Handstück ($^1/_2$ nat. Größe).

Fig. 11.

Lebenslauf.

Ich, Paul Egenter, bin geboren am 23. Juni 1870 in Schw.-Gmünd in Württemberg als Sohn des Bijouteriefabrikanten Wilhelm Egenter und seiner Ehefrau Mathilde, geb. Kaißer. Ich besuchte die Volksschule und das Reallyzeum in Schw.-Gmünd sowie die beiden obersten Klassen des Gymnasiums in Rottweil a. N., wo ich auch die Maturitätsprüfung ablegte. Nachdem ich in Würzburg und Tübingen zunächst 2 Semester Philosophie, sodann Rechts- und Staatswissenschaften studiert hatte, bestand ich die höheren Dienstprüfungen im Departement des Innern in Württemberg und war bei verschiedenen Oberämtern als Amtmann tätig. Im Jahre 1905 legte ich mein Amt nieder und übersiedelte nach München, wo ich 6 Semester Naturwissenschaften studierte.